การพัฒนาชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ดร.วีระยุทธ สุดสมบูรณ์

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
สัญญา มรภ. เลขที่ 35/2558
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ

THE DEVELOPMENT OF TRAINING PACKAGE ON AUTOMATIC MECHANICAL CONTROL SYSTEMS FOR TEACHING OF UNDERGRADUATE INDUSTRIAL TECHNOLOGY STUDENTS

DR. WEERAYUTE SUDSOMBOON

THIS RESEARCH PROJECT WAS SUPPORTED BY GRANTS FROM

NAKHON SI THAMMARAT RAJABHAT UNIVERSITY

CONTRACT NO. NSTRU 35/2015

OFFICE OF THE HIGHER EDUCATION

MINISTRY OF EDUCATION

การพัฒนาชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอน
นักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ดร.วีระยุทธ สุดสมบูรณ์ Ph.D. (Learning Innovation in Technology)

หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
สัญญา มรภ. เลขที่ 35/2558
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ

ผู้วิจัย

..... หัวหน้าโครงการวิจัย

(ดร.วีระยุทธ สุดสมบูรณ์)

วันที่ 25 กันยายน 2558

หัวข้องานวิจัย การพัฒนาชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ผู้วิจัย ดร.วีระยุทธ สุดสมบูรณ์

สังกัด หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

พ.ศ. 2558

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และ 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ระเบียบวิธีวิจัยเป็นแบบการวิจัยเชิงวิจัยและพัฒนา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต หลักสูตรอุตสาหกรรมบัณฑิต ชั้นปีที่ 3 สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ปีการศึกษา 2557 จำนวน 30 คน ด้วยการสุ่มแบบเป็นระบบ (Systematic sampling) ด้วยการทดสอบใช้ชุดฝึกอบรม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 1) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และ 2) ใบงาน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบแบบที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1) ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมซึ่งเป็นค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน (E_1) และประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมซึ่งเป็นค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน (E_2) ขั้นการทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างของ ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง มีค่าเท่ากับ 88.53/81.11 ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ มีค่าเท่ากับ 92.34/84.89 และชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ 95.68/85.34 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

2) คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4) คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5) ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมีค่าเฉลี่ยรวม 4.79 อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

คำสำคัญ : ชุดฝึกอบรม / ระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติ / การประลองทางวิศวกรรมเครื่องกล / เทคโนโลยีอุตสาหกรรม / ประสิทธิภาพการเรียนรู้

Research Title The Development of Training Package on Automatic Mechanical Control Systems for Teaching of Undergraduate Industrial Technology Student

Researcher Dr.Weerayute Sudsomboon

Program Graduate Program in Industrial Technology,
Faculty of Industrial Technology,
Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

Year 2015

ABSTRACT

The objectives of this research were: 1) to construct the training package on Automatic Mechanical Control Systems (AMCS); 2) to find out the efficiency of the training package on AMCS; 3) to examine the learning achievements with the training package on AMCS; and 4) to find out the learning satisfactions through the training package on AMCS. The research methodology was research and development. The 30 participants were senior undergraduate industrial technology students of Faculty of Industrial Technology at Nakhon Si Thammarat Rajabhat University that studies in the semester of 2/2014. Participants were collected by systematic sampling with the preliminary test. The research instrumentation was pre-test and post-test and operation sheets. Data were analyzed by mean, standard deviation and t-test dependent.

The research results were as follows:

1. As whole as, the efficiency of the training package on AMCS showed that the mass-damper-spring was 88.53/81.11 and the automatic water level control system was 92.34/84.89 and the automatic temperature control system was 95.68/85.34. The effects of AMCS had higher than 80/80.

2. The undergraduate industrial technology students have done the mass-damper-spring been statistical significantly difference greater than 0.05.

3. The undergraduate industrial technology students have done the automatic water level control system been statistical significantly difference greater than 0.05.

4. The undergraduate industrial technology students have done the automatic temperature control system been statistical significantly difference greater than 0.05.

5. The learning satisfactions through the training package on AMCS was at 4.79, and was at the highest level.

Keywords : Training Package / Automatic Mechanical Control Systems / Mechanical Engineering Laboratory / Industrial Technology / Learning Efficiency

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับการสนับสนุนทุนวิจัยของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ประจำปีงบประมาณ 2558 ตลอดจนผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ของสถาบันวิจัยและพัฒนา และเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงินของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ขอขอบพระคุณ ผู้เชี่ยวชาญ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้รับการแต่งตั้งในการให้ความอนุเคราะห์ ตรวจแก้ไข ปรับปรุง และให้ข้อเสนอแนะต่างๆ สำหรับการสร้างเครื่องมือวิจัยที่มีประสิทธิภาพ และถูกต้องตามหลักวิชาการ

ขอขอบคุณ นักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม (กศ.บป.) ชั้นปีที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 1/2557 ที่เรียนในรายวิชา 5584406 ระบบควบคุมอัตโนมัติ และ สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล ชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2/2557 ที่เรียนในรายวิชา 5503901 การวิจัยทางด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม กลุ่มเรียน 03 ตลอดจนนักศึกษาระดับปริญญาตรีของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ทุกหลักสูตร และทุกสาขาวิชา ที่ได้ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และสมาชิกครอบครัวของข้าพเจ้า ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายที่ช่วยเหลือ สนับสนุน และให้กำลังใจ จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
กรอบแนวคิดในการวิจัย	3
สมมติฐานของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	4
นิยามศัพท์เฉพาะ	6
ประโยชน์ของการวิจัย	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
ทฤษฎีระบบควบคุมทางวิศวกรรม	7
ระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง	13
ระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ	16
ระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ PID	18
การ์ด ดีเอคิว	23
โปรแกรม LabVIEW	27
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
3 วิธีดำเนินการวิจัย	36
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	32
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	34
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	34

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	37
	การวิเคราะห์ข้อมูล	37
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	41
5	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	46
	สรุปการวิจัย	46
	อภิปรายผลการวิจัย	47
	ข้อเสนอแนะ	48
	ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป	49
บรรณานุกรม		50
ภาคผนวก		52
	ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ	53
	ภาคผนวก ข ภาพการออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	57
	ภาคผนวก ค ภาพชุดฝึกอบรมที่ใช้ในการวิจัย	74
	ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	81
	ภาคผนวก จ ผลงานวิจัยที่ได้รับการนำเสนอในที่ประชุมวิชาการระดับนานาชาติ	94
ประวัติผู้วิจัย		104

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การประเมินผลด้านการออกแบบชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง	41
2	การประเมินผลด้านการออกแบบชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ	42
3	การประเมินผลด้านการออกแบบชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ	42
4	ผลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติ ขั้นการทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง	43
5	ผลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติ ขั้นการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง	43
6	ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง	44
7	ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ	44
8	แสดงความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติ สำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	45

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ส่วนประกอบของระบบควบคุม	8
2	การควบคุมอุณหภูมิห้องด้วยเครื่องปรับอากาศ	8
3	ระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด	9
4	ระบบควบคุมแบบวงรอบปิด	9
5	ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ	10
6	การขับรถยนต์	11
7	การควบคุม DC servo motor	11
8	ฟังก์ชั่นถ่ายโอน	12
9	ระบบทางกลแบบเคลื่อนที่ตามแนวระนาบ	13
10	การวิเคราะห์แบบจำลองทางฟิสิกส์ของระบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง	13
11	บล็อกไดอะแกรมของระบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง	15
12	ระบบควบคุมระดับน้ำแบบถังเดียว	16
13	แบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำแบบถังเดียว	17
14	ตัวควบคุมแบบ P	18
15	ตัวควบคุมแบบ D	19
16	ตัวควบคุมแบบ I	20
17	กราฟผลการตอบสนองของตัวควบคุมแบบต่างๆ	22
18	กราฟผลการตอบสนองของตัวควบคุมแบบ PID	23
19	สัญญาณดิจิตอล 2 ชนิด	25
20	สัญญาณอนาล็อกทั้ง 3 ชนิด	25
21	การ์ด DAQ รุ่น USB 6009	27
22	ขาของการ์ด DAQ รุ่น USB6009	27
23	โปรแกรม LabVIEW ที่ใช้ในการวิจัย	28

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไทยกำลังเผชิญปัญหาการขาดแคลนบุคลากรทางสายเทคโนโลยีที่มีสมรรถนะได้แก่ ความรู้ ความสามารถ ทักษะ และเจตคติ ในการปฏิบัติงานให้สอดคล้องกับความต้องการของสถานประกอบการ อีกทั้งในปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยต้องก้าวเข้าสู่การแข่งขันกับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (Asean Economics Community: AEC) ซึ่งถือว่าเป็นความท้าทายสำหรับการพัฒนาและเตรียมกำลังคนให้พร้อมกับการเปลี่ยนแปลงในบริบททั้งเศรษฐกิจ สังคมการเมือง เทคโนโลยี และวัฒนธรรม ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบเศรษฐกิจและสังคม (socio-economic) ดังกล่าว

การจัดการศึกษาทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรมนับว่าเป็นอีกหนึ่งศาสตร์ที่มีบทบาทต่อการพัฒนาระบบเศรษฐกิจของประเทศ จากการที่ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการลงทุนทางอุตสาหกรรมของอาเซียน อาทิ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และฮาร์ดดิสก์ อุตสาหกรรมยานยนต์ และอุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น จากประเด็นดังกล่าวมาประเทศไทยจึงมีความต้องการกำลังคนสายเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น กอปรกับนวัตกรรมทางเทคโนโลยีการผลิตได้มีการบูรณาการศาสตร์ทางวิศวกรรมเพื่อรวมเป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control Systems) เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต (Maximize Profit) และลดต้นทุนการผลิต (Minimize Cost) เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน

จากประเด็นดังกล่าว ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเชิงปฐมภูมิ (Preliminary data) ด้วยการวิจัยในชั้นเรียนเพื่อศึกษายุทธวิธีการจัดการเรียนการสอนทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับกลุ่มประเทศในประชาคมอาเซียน ในรายวิชา 5503901 การวิจัยทางด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม รายวิชา 5584406 ระบบควบคุมอัตโนมัติ และรายวิชา 5592103 การออกแบบเครื่องจักรกล 1 ด้วยเทคนิคการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interviews) พบว่า กระบวนการเรียนรู้ที่สำคัญในการขับเคลื่อนทักษะการคิดเชิงวิจารณญาณ ทักษะการแก้ปัญหา และการคิดเชิงสร้างสรรค์ เพื่อสร้างสรรค์ความรู้ใหม่และนวัตกรรม นอกเหนือจากการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ให้มีรูปแบบที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง (Real-world situations) แล้วนั้น สื่อและชุดฝึกอบรมที่สามารถจำลองสถานการณ์การปฏิบัติงานจริงภายในสถานประกอบการมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากผู้เรียนสามารถฝึกประสบการณ์เรียนรู้ได้โดยตรง ผู้เรียนสามารถเข้าใจ และศึกษาพฤติกรรมและปรากฏการณ์การทำงานของระบบทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม รวมถึงการที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง (Self-directed learning) ได้อย่างต่อเนื่อง

ดังนั้น เพื่อเป็นการตอบสนองความต้องการของผู้เรียน (Demand-driven) ภายใต้ความต้องการของสถานประกอบการ (Social demands) มีความสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาศักยภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (Student-centered Approach)

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยโครงการจัดทำยุทธศาสตร์การผลิตและพัฒนากำลังคนให้สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, 2555) พบว่า สถานประกอบการภาคอุตสาหกรรมไทยมีความต้องการช่างเทคนิคด้านแมคคาทรอนิกส์ นักเทคโนโลยีที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติ (Automatic Mechanical Control Systems: AMCS) ยังมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคอุตสาหกรรมที่ใช้เครื่องจักรกลอัตโนมัติ CNC เครื่องฉีดพลาสติก เตาหลอมโลหะอุณหภูมิสูง หุ่นยนต์อุตสาหกรรม ระบบควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซลคอมมอนเรล ระบบสายพานลำเลียง ระบบทำความเย็นและปรับอากาศ ฯลฯ

ผลของงานวิจัยดังกล่าวการที่จะพัฒนานักเทคโนโลยีระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติให้มีสมรรถนะสอดคล้องกับการจัดการศึกษาทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรมในระดับอุดมศึกษาที่มุ่งเน้นนักเทคโนโลยีหรือวิศวกรภาคปฏิบัติ (Practical Engineer) เป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเป้าหมายของการจัดการศึกษาได้มุ่งเน้นการฝึกสมรรถนะการปฏิบัติงานของผู้เรียนเป็นสำคัญเพื่อผลิตและพัฒนากำลังคนเพื่อออกไปปฏิบัติงานในภาคอุตสาหกรรม ชุมชนและท้องถิ่น โดยเฉพาะการจัดการเรียนการสอนทางเทคโนโลยีเครื่องกล เป็นการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ต้องเน้นสมรรถนะทางวิชาชีพ ความเป็นเลิศทางวิชาการ ทักษะการออกแบบและบูรณาการ เพื่อสร้างสรรค์ต่อยอดองค์ความรู้เป็นสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม เพื่อพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันเชิงเศรษฐกิจ สร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่อุตสาหกรรมและการบริการแก่ชุมชนและท้องถิ่นได้อย่างยั่งยืน (Sudsomboon, 2013)

Fraenkel (1993) กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่มีประสิทธิภาพจำเป็นที่จะต้องมีชุดการสอนที่สามารถพัฒนาระบบการเรียนรู้ด้วยตนเอง (self-directed learning) มีอุปกรณ์การทำงานจริง (scaffolding) สามารถจำลองสถานการณ์ (simulations) เพื่อฝึกทักษะการคิด วิเคราะห์ และแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ รวมถึงการตอบสนองการเรียนรู้เป็นแบบทันทีทันใด (just-in-time) ทำให้ผู้เรียนสามารถประเมินผลตนเองได้ เพื่อสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นและหลากหลาย (วีระยุทธ และบุญส่ง, 2555)

ประโยชน์ของชุดฝึกอบรมดังกล่าวสามารถใช้เป็นสื่อประสมเพื่อการเรียนรู้ในสาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมทั้งเทคโนโลยีเครื่องกล เทคโนโลยีไฟฟ้า เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และเทคโนโลยีการผลิต ซึ่งผลลัพธ์การเรียนรู้จะเป็นการเสริมสร้างสมรรถนะการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับตลาดแรงงานทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ (Sudsomboon & Muangmungkun, 2013; Sudsomboon, 2013) อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนทางวิศวกรรมได้อย่างหลากหลาย และฝึกอบรมบุคลากรในสถานประกอบการชุมชน และท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการสร้างศักยภาพและความสามารถเพื่อการพัฒนาสังคมอย่างยั่งยืน

ดังนั้นผู้วิจัยมีความสนใจที่จะการทำวิจัยชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยที่ชุดฝึกอบรมนี้สามารถทำให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะกระบวนการเรียนรู้จากประสบการณ์จริงมีความสอดคล้องกับความต้องการของสถานประกอบการ และผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง ซึ่งจะนำไปสู่ผลลัพธ์การเรียนรู้ที่มีประโยชน์ทั้งในการพัฒนาสมรรถนะการเรียนรู้ทั้งความรู้ ทักษะ และเจตคติที่ดี ในการปฏิบัติงานทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

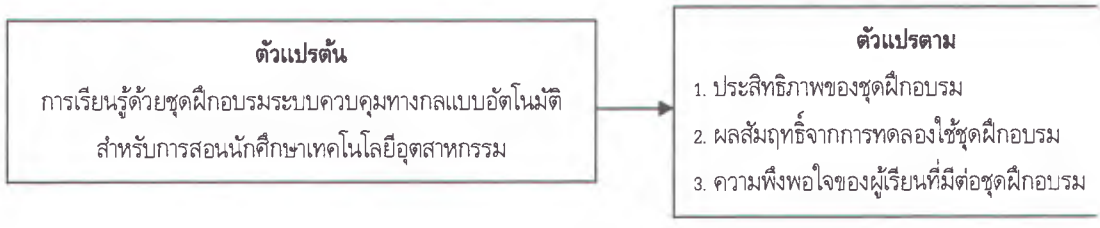
1) เพื่อสร้างชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

2) เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

4. สมมติฐานของการวิจัย

1) ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม จำแนกออกเป็น

ก) โครงงานชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง

ข) โครงงานชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

ค) โครงงานชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ

ในแต่ละโครงงานมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80

2) คุณภาพของชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมทั้ง 3 โครงงาน อยู่ในเกณฑ์คุณภาพระดับดี

3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้ผ่านการเรียนด้วยชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมทั้ง 3 โครงงานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนการสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4) ผู้ผ่านการเรียนมีการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ชุดฝึกอบรมมีความพึงพอใจในระดับดีขึ้นไป

5. ขอบเขตของการวิจัย

1) ขอบเขตของโครงงานและเนื้อหาสำหรับชุดฝึกอบรม ประกอบด้วย

1.1 ขอบเขตของรูปแบบการพัฒนาชุดฝึกอบรม

ผู้วิจัยได้นำกรอบแนวคิดการพัฒนาหลักสูตรของ (Taba, 1962) มาประยุกต์ใช้เป็นรูปแบบการพัฒนาชุดฝึกอบรมโดยมีขั้นตอนดำเนินการดังต่อไปนี้

ก) การวิเคราะห์ความต้องการของผู้เรียน

ข) การกำหนดจุดมุ่งหมายในการฝึกอบรม

ค) การเลือกเนื้อหาที่ใช้ในการฝึกอบรม

ง) การจัดรวบรวมเนื้อหาในการฝึกอบรม

จ) การคัดเลือกประสบการณ์การเรียนรู้

ฉ) การจัดประสบการณ์เรียนรู้

ช) การกำหนดวิธีการประเมินผล

1.2 ขอบเขตของโครงงานชุดฝึกอบรมมีดังต่อไปนี้

ก) โครงงานชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง

ข) โครงงานชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

ค) โครงงานชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ

1.3 ขอบเขตของเนื้อหาการวิเคราะห์ระบบพลวัตและการควบคุมมีดังต่อไปนี้

ก) การวิเคราะห์แบบจำลองทางฟิสิกส์

ข) สมการเชิงอนุพันธ์

ค) การแปลงลาปลาซ

ง) ผลการตอบสนองของระบบเชิงเวลา

จ) ผลการตอบสนองของระบบเชิงความถี่

ฉ) การเขียนบล็อกไดอะแกรม

ช) การออกแบบระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

1.3.1 การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติมีดังต่อไปนี้

ก) การวัดทางกลและการวิเคราะห์สัญญาณ

ข) อุปกรณ์และการประมวลสัญญาณสำหรับการวัดทางกล

ค) การวิเคราะห์สัญญาณป้อนเข้า

ง) ตัวควบคุมแบบ ON-OFF

จ) ตัวควบคุมแบบ P

ฉ) ตัวควบคุมแบบ I

ช) ตัวควบคุมแบบ D

ซ) ตัวควบคุมแบบ PD

ฌ) ตัวควบคุมแบบ PI

ญ) ตัวควบคุมแบบ PID

ฎ) การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ MATLAB วิเคราะห์ผลการตอบสนองเชิงเวลาของระบบควบคุมอัตโนมัติ

ฏ) การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ MATLAB วิเคราะห์ผลการตอบสนองเชิงความถี่ของระบบควบคุมอัตโนมัติ

ฐ) การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบควบคุมอัตโนมัติ

2) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1 ประชากร ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต หลักสูตรอุตสาหกรรมบัณฑิต ชั้นปีที่ 3 สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ปีการศึกษา 2557 จำนวน 120 คน

2.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต หลักสูตรอุตสาหกรรมบัณฑิต ชั้นปีที่ 3 สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ปีการศึกษา 2557 จำนวน 30 คน ด้วยการสุ่มแบบเป็นระบบ (Systematic sampling) ด้วยการทดสอบใช้ชุดฝึกอบรม

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติ หมายถึง ระบบควบคุมแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง ระบบควบคุมระดับน้ำ และระบบควบคุมอุณหภูมิ ที่มีเซ็นเซอร์ตรวจวัด มีอุปกรณ์การประมวลผลในรูปแบบการวิเคราะห์สัญญาณรูปคลื่นความถี่ และมีอุปกรณ์การทำงาน ที่สามารถทำงานโดยอัตโนมัติตามการออกแบบระบบผ่านโปรแกรม LabVIEW

2. ตัวควบคุมแบบ PID หมายถึง ตัวควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์ และอนุพันธ์ (Proportional Integral Derivative: PID)

3. การ์ด ดีเอคิว (DAQ) หมายถึง อุปกรณ์ประมวลและแปลความหมาย ตลอดจนเปลี่ยนสัญญาณในลักษณะอนาล็อก (Analog) ให้มาอยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) เพื่อประโยชน์ในการตีความหมายและใช้ในการควบคุมหน้าที่ของบอร์ด ดีเอคิว (Data Acquisition Board)

4. สัญญาณรูปคลื่นความถี่ หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้วัดสัญญาณกระแสไฟสลับ ซึ่งมีฟังก์ชั่นที่ใช้ในการเปลี่ยนสัญญาณที่วัดออกมาจากรูปช่วงเวลาให้อยู่ในรูปคลื่นความถี่ซึ่งจะใช้วิธีการของการแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform)

5. ชุดฝึกอบรม หมายถึง ชุดที่ใช้ในการฝึกอบรม ประกอบด้วย หลักสูตรการฝึกอบรม เอกสารประกอบการฝึกอบรม ชุดสาธิตระบบควบคุมแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริงแบบอัตโนมัติ ระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ และระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ

6 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดระดับความรู้ความสามารถ ของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

7. ประโยชน์ของการวิจัย

1. ได้ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่มีประสิทธิภาพและประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อ

2. ได้นวัตกรรมการฝึกอบรมที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง มีการประสานวิทยาการทั้งทางด้านการคำนวณ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และการฝึกประลองทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่แสดงผลจริงแบบ real-time สอดคล้องกับสภาพการทำงานจริงภายในสถานประกอบการ

3. ผู้เรียนที่ผ่านการฝึกอบรมแล้วจะสามารถนำความรู้ ทักษะ และเจตคติที่ดี นำไปพัฒนาศักยภาพการเรียนรู้ การจัดทำโครงงานทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และนำไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคตได้

4. ได้ข้อมูลเป็นแนวทางในการกำหนดทิศทางวางแผนพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับระบบควบคุมอัตโนมัติ ของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ครุศาสตร์อุตสาหกรรม และวิศวกรรมศาสตร์ในระดับอุดมศึกษาได้เป็นอย่างดี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เป็นทฤษฎี หลักการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยจำแนกออกเป็นหัวข้อ ดังนี้

1. ทฤษฎีระบบควบคุมทางวิศวกรรม
2. ระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง
3. ระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ
4. ระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ PID
5. การ์ด ดีเอคิว (DAQ)
6. โปรแกรม LabVIEW
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ทฤษฎีระบบควบคุมทางวิศวกรรม

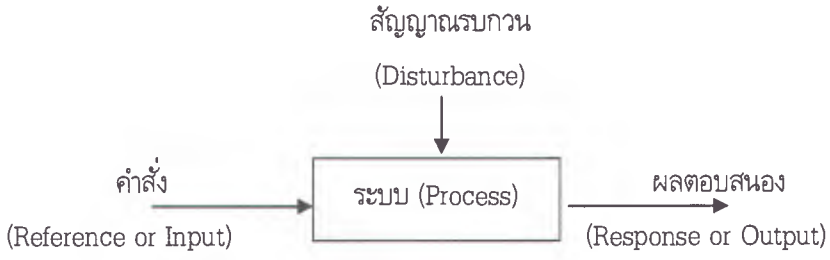
Ogata (2004) ได้อธิบายเกี่ยวกับ ระบบควบคุมทางวิศวกรรม (Control Systems) ได้ถูกนำมาใช้งานตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์ที่พอจะมีหลักฐานปรากฏให้เห็นนั่นคือ ระบบชลประทานที่มีการควบคุมระดับน้ำที่แจกจ่ายไปในพื้นที่เกษตรกรรมการวิเคราะห์ และได้ทำการออกแบบระบบควบคุมโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ.1760 โดย James Watt โดยออกแบบและควบคุมเครื่องจักรไอน้ำและในงานอื่นๆ สำหรับพัฒนาการของระบบควบคุม เริ่มเข้มข้นและจริงจังมากขึ้นในช่วงสมัยสงครามโลกครั้งที่สอง เพื่อพัฒนาอาวุธยุทโธปกรณ์ต่างๆให้ก้าวหน้ากว่าประเทศคู่แข่ง พัฒนาการของระบบควบคุมแบ่งได้เป็น 2 ยุคหลักๆคือ

ก) ระบบควบคุมดั้งเดิม (Classical Control Systems) เป็นระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้นในช่วงแรกๆ ที่มีการนำเอาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ซับซ้อนมากนักมาใช้ควบคุมระบบที่เป็นเชิงเส้น (Linear Systems) และระบบที่ไม่แปรเปลี่ยนตามเวลา (Time-invariant Systems) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ส่วนใหญ่ก็จะอยู่ในรูปแบบของฟังก์ชั่นถ่ายโอน (Transfer Function) ตัวอย่างของทฤษฎีเกี่ยวกับระบบควบคุมในยุคนี้ได้แก ระบบควบคุมพีไอดี (PID Controllers) เส้นทางเดินราก (Root Locus) แผนภาพโบด (Bode Plot) และแผนภาพไนควิสท์ (Nyquist Plot) เป็นต้น

ข) ระบบควบคุมสมัยใหม่ (Modem Control Systems) เป็นระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้นในช่วงหลังๆ อันเนื่องมาจากข้อจำกัดในการใช้งานข้องทฤษฎี ระบบควบคุมแบบดั้งเดิม ที่จำกัดการไปใช้งานกับระบบที่เป็นเชิงเส้น (Linear Systems) และระบบที่ไม่แปรเปลี่ยนตามเวลา (Time-invariant Systems) ซึ่ง

ในทางปฏิบัติแล้วระบบมักจะไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear Systems) และแปรเปลี่ยนตามเวลา (Time-variant Systems)

โดยที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในระบบควบคุมแบบดั้งเดิมมักมีข้อจำกัดในการใช้งานกับระบบประเภทนี้จึงได้มีการคิดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และวิธีการควบคุมรูปแบบใหม่ๆขึ้นมา ตัวอย่างข้องทฤษฎีเกี่ยวกับระบบควบคุมในยุคนี้ได้แก่ ระบบที่อาศัยรูปแบบของสมการสภาวะ (State Variable) ในการคำนวณระบบควบคุมความที่เหมาะสม (Optimal Control) ระบบควบคุมแบบปรับตัวได้(Adaptive Control) ระบบควบคุมลูกผสม(Hybrid Control) โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) และตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) เป็นต้น โดยอธิบายส่วนประกอบของระบบควบคุมได้ดังภาพที่ 1



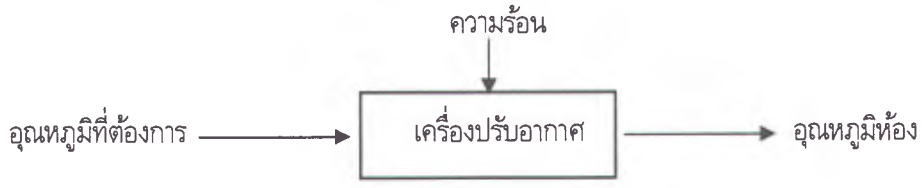
ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของระบบควบคุม

1) นิยามที่สำคัญในการศึกษาระบบควบคุมทางวิศวกรรม ประกอบด้วย

ก) ระบบ (System) หมายถึงส่วนหรือหน่วยที่ได้รวบรวมสิ่งต่างๆเข้าด้วยกัน

ข) การควบคุม (Control) หมายถึงการบังคับหรือสั่งการ

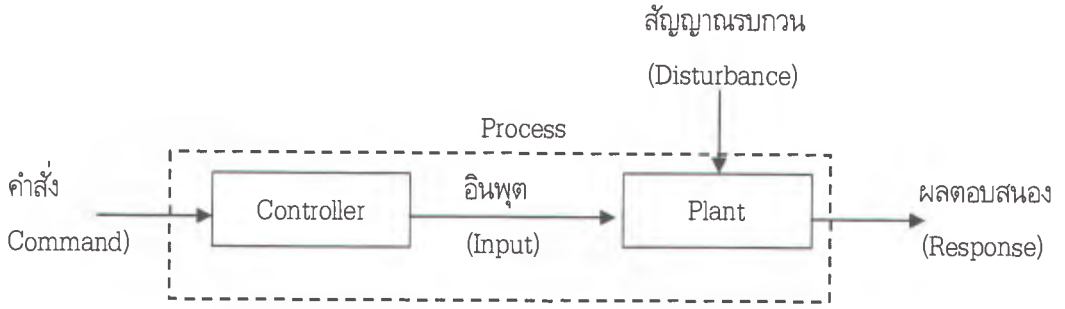
ค) ระบบควบคุม(Control Systems) หมายถึงส่วนหรือหน่วยที่ได้รวบรวมสิ่งต่างๆเข้าด้วยกันเพื่อใช้บังคับหรือสั่งการเพื่อให้สิ่งใดสิ่งหนึ่งเป็นไปตามความต้องการ ตัวอย่างเช่นการควบคุมอุณหภูมิห้องด้วยเครื่องปรับอากาศในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การควบคุมอุณหภูมิห้องด้วยเครื่องปรับอากาศ

2) รูปแบบของการควบคุม

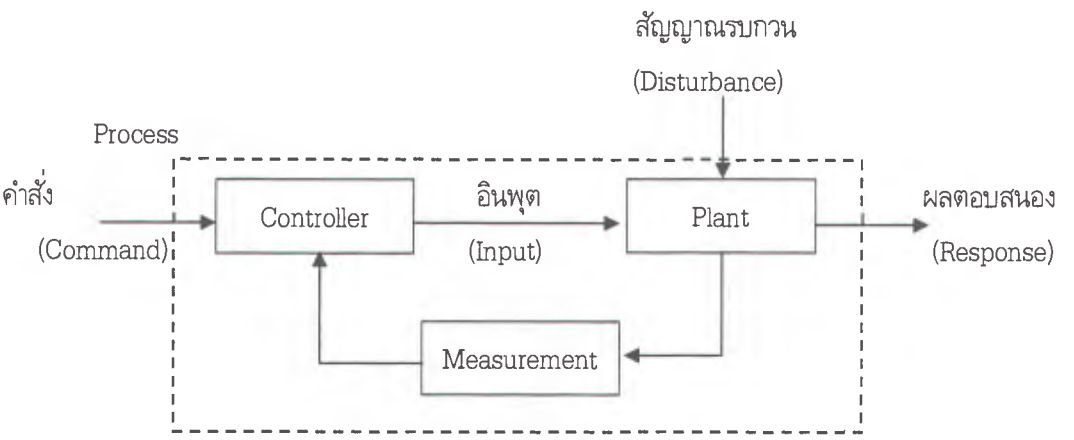
ก) ระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด (Open Loop Control)



ภาพที่ 3 ระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด

ลักษณะทั่วไปข้องระบบควบคุมแบบวงรอบเปิดจะเป็นไปตามภาพที่ 3 ในการควบคุมแบบวงรอบเปิดตัวควบคุม (Controller) จะส่งสัญญาณป้อน (Input) ให้กับสิ่งที่ต้องการควบคุม (Plant) ตามคำสั่งหรือสัญญาณอ้างอิง (Command or referent) ที่รับมาโดยที่ตัวควบคุมจะอนุมานว่าเมื่อสิ่งที่ต้องการควบคุมได้รับสัญญาณป้อนแล้วนั้น ก็จะผลิตเอาท์พุตหรือผลตอบสนอง (Response) ให้ได้ตามที่คาดหมายไว้ โดยที่ไม่ต้องทำการตรวจสอบสัญญาณเอาท์พุตจริงว่าเป็นไปตามคำสั่งหรือไม่

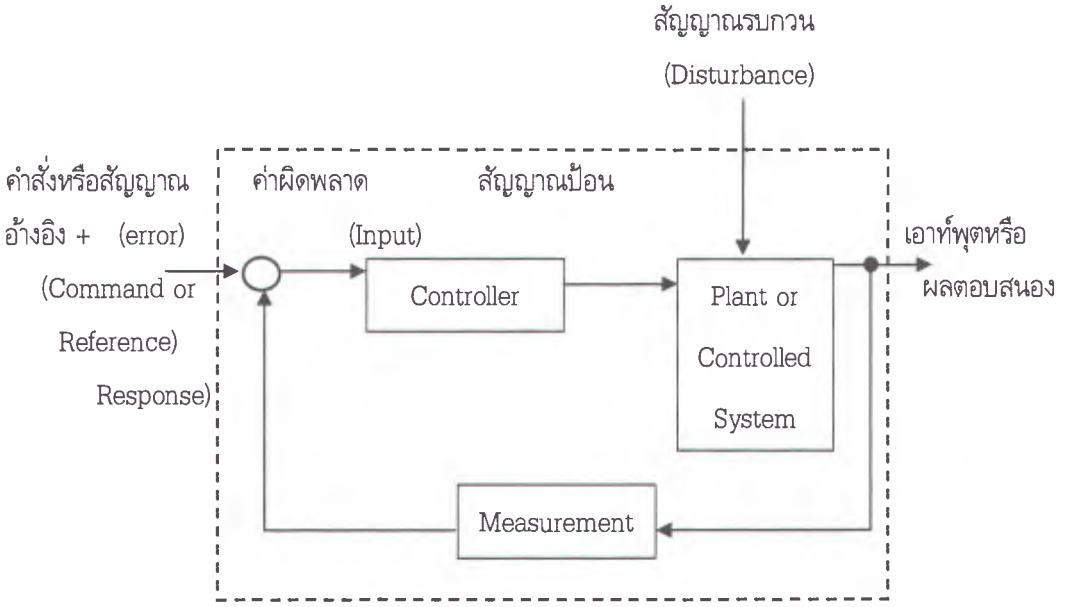
ข) ระบบควบคุมแบบวงรอบปิด (Closed Loop Control) หรือ การควบคุมแบบอัตโนมัติ (Automatic Control Systems)



ภาพที่ 4 ระบบควบคุมแบบวงรอบปิด

ลักษณะทั่วไปข้องระบบควบคุมแบบวงรอบปิดจะเป็นไปตามภาพที่ 4 ในการควบคุมแบบวงรอบปิด หรือ การควบคุมแบบอัตโนมัติ ตัวควบคุม (Controller) จะทำการเปรียบเทียบสัญญาณอ้างอิงหรือคำสั่ง (Referent or Command) กับสัญญาณเอาท์พุท หรือผลตอบสนอง (Output or Response) ที่ป้อนกลับมาโดยตัวตรวจจับ (Measurement or Sensor) แล้วนำไปสร้างสัญญาณป้อนหรืออินพุต (Input) ให้กับสิ่งที่ต้องการควบคุม เพื่อที่จะให้ผลิตเอาท์พุตหรือตอบสนองให้เป็นไปตามสัญญาณอ้างอิงที่ต้องการ (Command or Reference)

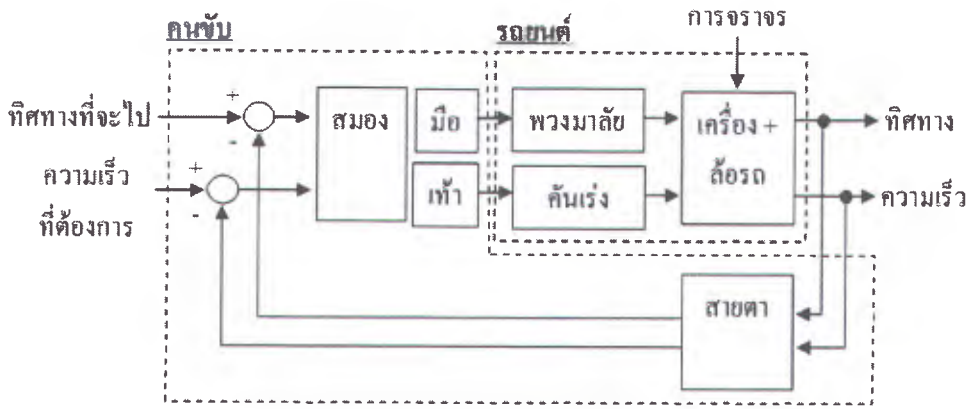
ระบบควบคุมแบบวงรอบปิดอาจจะเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System) ซึ่งก็คือการควบคุมแบบอัตโนมัติตามภาพที่ 5 ระบบนี้เป็นระบบควบคุมที่พยายามรักษา output ให้ได้ตามต้องการ โดยการนำเอาสัญญาณ output มาเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงที่ต้องการแล้วนำค่าความแตกต่างไปใช้ในการควบคุมสัญญาณป้อนให้กับสิ่งที่ต้องการควบคุม



ภาพที่ 5 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

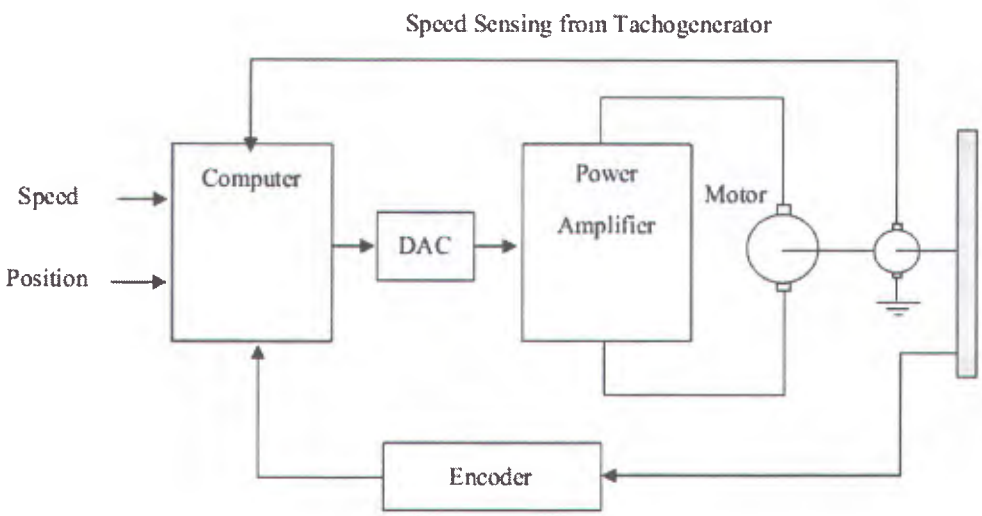
จากภาพที่ 5 สามารถขยายกรอบแนวคิดสำหรับการพิจารณาระบบควบคุมกับการขับรถยนต์ในภาพที่ 6 สามารถมองการขับรถยนต์นี้ได้ 2 ลักษณะ คือ การควบคุมแบบวงรอบเปิด และการควบคุมแบบวงรอบปิด หากพิจารณาเฉพาะตัวรถยนต์ลักษณะการควบคุมความเร็วและทิศทางของรถยนต์จะเป็นแบบวงรอบเปิด เพราะตัวรถยนต์เองไม่มีการตรวจจับและบังคับความเร็วและทิศทางด้วยตัวของมันเองได้ มีเฉพาะตัวสั่งการคือพวงมาลัยในการปรับเปลี่ยนทิศทางและคันเร่งสำหรับเร่งความเร็วเท่านั้นลักษณะการทำงานข้องรถยนต์จึงมองได้ว่าเป็นการควบคุมแบบวงรอบเปิดแต่ถ้าหากพิจารณาเมื่อมีคนขับเข้ามาด้วยแล้วคนขับสามารถที่มองเห็นด้านหน้าของรถและสัมผัสได้ถึงความเร็วและตัวคนขับเองก็ เป็นผู้บังคับและสั่งการ

โดยใช้เป้าหมายในการเดินทางและความเร็วที่ต้องการขับ เมื่อรวมสิ่งต่างๆเหล่านี้เข้าไปด้วยจึงสามารถมองได้ว่าการขับรถยนต์โดยพิจารณาคนขับเข้าไปในวงรอบการควบคุมด้วยแล้ว ระบบนี้จึงเป็นระบบควบคุมแบบวงรอบปิด



ภาพที่ 6 การขับรถยนต์

ลักษณะการทำงานของ DC servo motor ตามภาพที่ 7 มี ลักษณะที่ชัดเจนว่าเป็นการควบคุมแบบวงรอบปิดสังเกตได้จากการที่มีการตรวจจับและควบคุมทั้งตำแหน่งและความเร็วของมอเตอร์ด้วยการควบคุมแรงดันที่จ่ายเข้าที่ขั้วข้องมอเตอร์



ภาพที่ 7 การควบคุม DC servo motor

ค) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ถูกนำมาใช้ในระบบควบคุมมี อยู่หลายรูปแบบด้วยกัน เช่นฟังก์ชั่นถ่ายโอน (Transfer Function) สมการสภาวะ (State variables) เป็นต้น ในการเรียนในชั้นนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในลักษณะของฟังก์ชั่นถ่ายโอนเท่านั้น

ง) การหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์(Mathematical Modeling)

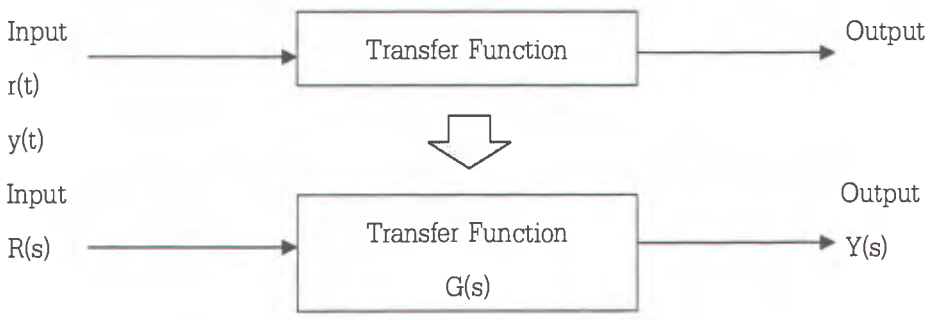
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์(Mathematical Modeling) ที่ใช้ในระบบควบคุมพื้นฐานของระบบใดๆสามารถหาได้จาก

1) สมการความสัมพันธ์ในรูปข้องสมการเชิงอนุพันธ์ข้องตัวแปรใดๆ แล้วแปลงให้อยู่ในรูปฟังก์ชั่นเอส (s-domain) ด้วยวิธีการแปลงลาปลาส (Laplace's Transform) ซึ่งในเบื้องต้นอาจจะสร้างขึ้นมาจากสมการความสัมพันธ์ที่มีหลายตัวแปร แล้วทำให้เหลือเพียงแคสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอินพุตกับเอาท์พุตข้องระบบเท่านั้น สุดท้ายจึงจัดให้อยู่ในรูปแบบข้องฟังก์ชั่นถ่ายโอน

2) ทดสอบผลตอบสนองข้องระบบด้วยอินพุตอย่างใดอย่างหนึ่งบันทึกผลตอบสนองที่ได้แล้วนำไปหาสมการความสัมพันธ์ด้วยวิธีการของการแสดงตัวระบบ (System Identification) ที่พบเจอบ่อยๆก็คือ การทดสอบระบบด้วยผลตอบสนองเชิงความถี่ แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างฟังก์ชั่นถ่ายโอนโดยตรงซึ่งจะได้กล่าวถึงในภายในหลังในเรื่องของแผนภาพโบด

จ) ฟังก์ชั่นถ่ายโอน (Transfer Function)

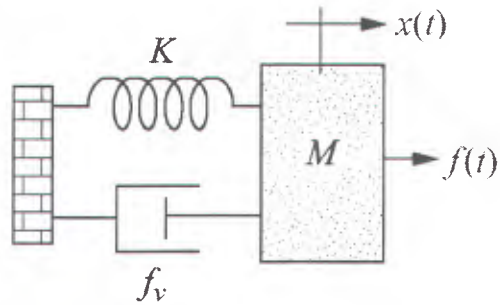
ฟังก์ชั่นถ่ายโอนสร้างขึ้นมาจาก สมการความสัมพันธ์ในรูปข้องสมการเชิงอนุพันธ์แปลงสมการเหล่านั้นให้อยู่ในรูปฟังก์ชั่นเอส ด้วยการแปลงลาปลาส (Laplace's Transform) ด้วยค่าเริ่มต้นเป็นศูนย์จัดสมการความสัมพันธ์ให้เหลือเพียงแค่ตัวแปรสองตัว คือ ตัวแปรอินพุท กับ เอาท์พุท ของระบบ ดังนั้น ฟังก์ชั่นถ่ายโอนจึงหมายถึง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทกับเอาท์พุตโดยจะจำกัดการพิจารณาเฉพาะกับระบบที่เป็นเชิงเส้นและไม่ เปลี่ยนแปลงตามเวลาเท่านั้นดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ฟังก์ชั่นถ่ายโอน

2. ระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง

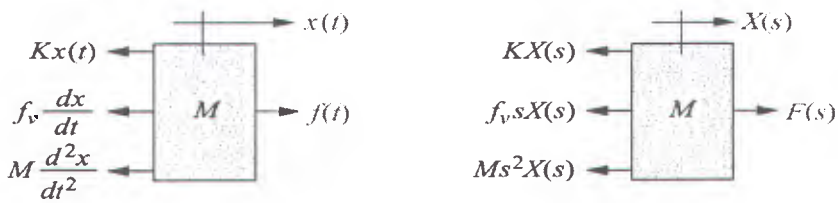
Nise (2000) และ Rowell & Wormley (1998) กล่าวไว้ว่าระบบควบคุมทางกล (Mechanical system) หมายถึง ระบบที่ทำงานภายใต้การกำกับหรือสั่งการอย่างมีระเบียบแบบแผน เพื่อให้มีพฤติกรรมทางพลวัตเป็นไปตามความประสงค์ของผู้ใช้งานอย่างอัตโนมัติ โดยระบบทางกลจำแนกออกเป็น 2 รูปแบบที่สำคัญ คือ 1) ระบบทางกลแบบเคลื่อนที่ตามแนวระนาบ (Translational system) และ 2) ระบบทางกลแบบเคลื่อนที่ตามแนวหมุน (Rotational system) ซึ่งสามารถนำเสนอขั้นตอนการทำพลวัตและการควบคุมของระบบทางกลดังตัวอย่างในภาพที่ 9 ดังนี้



ภาพที่ 9 ระบบทางกลแบบเคลื่อนที่ตามแนวระนาบ Nise (2000)

จากภาพที่ 9 เป็นระบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง (Mass-Damper-Spring) มีขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังนี้

1. เขียนผังวัตถุอิสระ (Free-body diagram) ได้ในเทอมของ Time domain และ S domain



ภาพที่ 10 การวิเคราะห์แบบจำลองทางฟิสิกส์ของระบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง Nise (2000)

2. วิเคราะห์ตัวแปรได้ดังสมการที่

$$dv_m = \frac{1}{m}(F_s - F_b - F_k) \qquad (1)$$

$$dF_k = k.v_m \qquad (2)$$

$$F_b = b.v_m \qquad (3)$$

3. จัดสมการ (1-3) ในรูปแบบสมการสภาวะ (State Equation)

$$\dot{x} = AX + BU$$

เมื่อ $$\frac{dv_m}{dt} = \frac{1}{m}\left(-bv_m - F_k + F_s\right) \qquad (4)$$

$$\frac{dF_k}{dt} = k.v_m \qquad (5)$$

4. จัดรูปสมการ (4-5) ใน Standard matrix form ได้

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_m \\ \dot{F}_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -b/m & -1/m \\ k & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_m \\ F_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1/m \\ 0 \end{bmatrix} F_s(t) \quad (6)$$

5. จากสมการที่ 6 หา Output variable ในเทอม $y = CX + DU$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_m \\ F_k \end{bmatrix} + [0]\ F_s \qquad (7)$$

6. จัดรูปสมการ (4-5) ใน Differential equation (D.E.) form ได้

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{-b}{m}\frac{dx}{dt} \cdot \frac{-k}{m} x . \frac{1}{m} F_s(t) \qquad (8)$$

จัดให้อยู่ในรูปสมการ 2nd order D.E.

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{b}{m}\frac{dx}{dt} + \frac{k}{m}x = \frac{1}{m}\ F_s(t) \qquad (9)$$

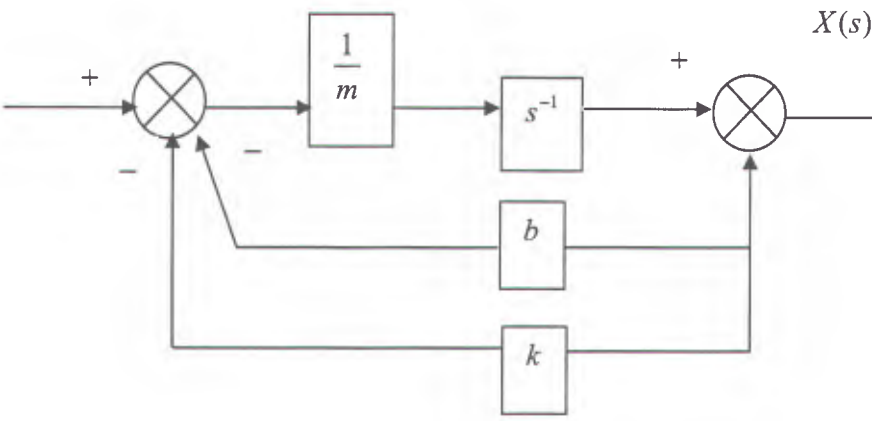
7. จากสมการที่ 9 จัดในรูป Laplace Transform ได้

$$\left[ms^2 + bs + k\right]X(s) = F_s(s) \qquad (10)$$

8. จากสมการ 10 ได้ Transfer function

$$G(s) = \frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{\left(ms^2 + bs + k\right)} \qquad (11)$$

9. เขียนบล็อกไดอะแกรม (Block diagram) ได้ดังรูป



ภาพที่ 11 บล็อกไดอะแกรมของระบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง

10. หาผลการตอบสนองของระบบ

จากภาพที่ 9 ให้ค่า $F = 20N$ แทนค่าในสมการ (11) ได้

$$X(s) = \frac{20}{s(200s^2 + 100s + 600)}$$

$$= \frac{1}{30} \cdot \frac{3}{s(s^2 + 0.5s + 3)} \qquad (12)$$

จากสมการที่ 12 จัดในรูป Natural Frequency ได้

$$F(s) = \frac{\omega^2{}_n}{s(s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega^2{}_n} \qquad (13)$$

จากสมการที่ 13 ทำ Inverse Laplace Transform จาก $F(s)$ เป็น $f(t)$ ได้

$$f(t) = 1 - \frac{1}{\sqrt{1-\xi^2}} e^{-\xi\omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1-\xi^2}\, t + \phi) \qquad (14)$$

เมื่อ $\phi = \tan^{-1} \sqrt{\frac{1-\xi^2}{\xi}}$ (15)

จากสมการ D.E. ในรูปมาตรฐาน $\frac{d^2y}{dt^2} + 2\xi\omega_n \frac{dy}{dt} + \omega_n{}^2 y = f(t)$

เมื่อ $\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{600}{200}} = \sqrt{3}$

$\omega_n\sqrt{1-\xi^2} = 1.714$

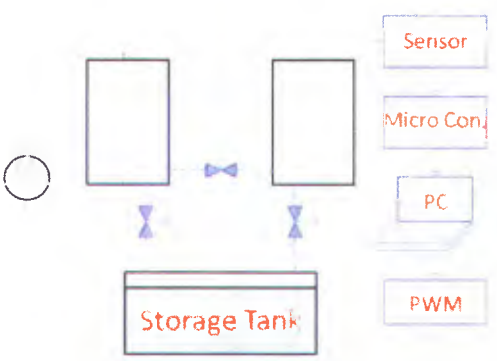
และ $\xi = \frac{b}{2m\omega_n} = \frac{100}{2(200)(1.732)} = 0.144$

แทนค่าใน (15) $\phi = \tan^{-1}\frac{\sqrt{1-0.144^2}}{0.144} = 81.72$

ดังนั้น แทนค่าในสมการที่ 14 ได้คำตอบ

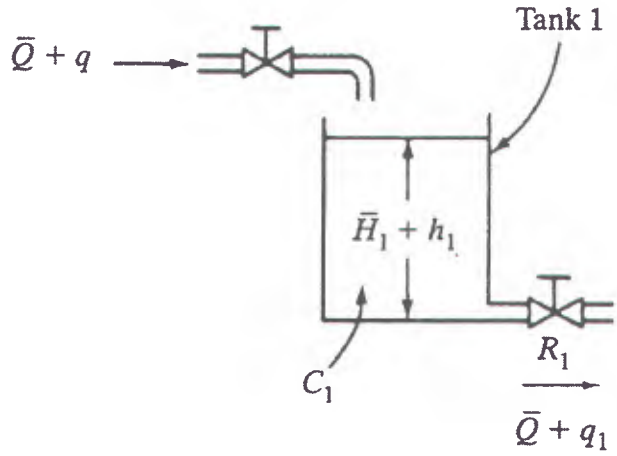
$$x(t) = \frac{1}{30}.\left[1 - 1.01e^{-0.144\sqrt{3}t}\sin(1.714t + 81.72)\right]$$

3. ระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 12 ระบบควบคุมระดับน้ำแบบถังเดียว

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ จากภาพที่ 12 กระบวนการควบคุมระดับน้ำแบบถังเดียวมีจุดประสงค์เพื่อควบคุมระดับน้ำในถังให้เป็นไปตามต้องการด้วยการควบคุมอัตราการไหลของของเหลวผ่านปั๊มมอเตอร์ไฟฟ้า โดยสัญญาณ-พีดับเบิ้ลยูเอ็ม (PWM : Pulse Width Modulation) เป็นสัญญาณควบคุมจากตัวควบคุม เพื่อทำการปรับแต่งแรงดันไฟฟ้าซึ่งเป็นอินพุตให้แก่กระบวนการ และเอาต์พุตของระบบเป็นแรงดันไฟฟ้าจากเซนเซอร์ความดัน ทำการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของชุดทดลองควบคุมระดับน้ำแบบถังเดียว โดยสามารถแสดงตัวแปรอินพุตและเอาต์พุตดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 แบบจำลองระบบควบคุมระดับน้ำแบบถังเดียว (Ogata, 2004)

เมื่อ

$\overline{H}$ คือ ระดับน้ำที่สภาวะคงตัว (Steady-State) มีหน่วยเป็นเมตร

h คือ ระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจากสภาวะคงตัว มีหน่วยเป็นเมตร

$\overline{Q}$ คือ อัตราการไหลของน้ำที่สภาวะคงตัว (ก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง) มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

q_i คือ อัตราการไหลเข้าของน้ำที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจากสภาวะคงตัว มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

q_0 คือ อัตราการไหลออกของน้ำที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจากสภาวะคงตัว มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

R คือ การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่แตกต่างกัน มีหน่วยเป็นวินาทีต่อตารางเมตร

C คือ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในถังน้ำ มีหน่วยเป็นตารางเมตร

จากภาพที่ 13 แสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$q_1 = \frac{h_1 - h_2}{R_1} \tag{16}$$

$$C_1 = \frac{dh_1}{dt} = q - q_1 \tag{17}$$

แทนสมการ (16) ลงใน (17) จะได้

$$C_1 \frac{dh_1}{dt} + \frac{h_1}{R_1} = q + \frac{h_2}{R_1} \tag{18}$$

ทำการแปลงลาปลาซ (Laplace Transforms) จะได้

$$\left(C_1 s+\frac{1}{R_1}\right)H_1(s)=Q(s)+\frac{1}{R_1}H_2(s)$$

จัดรูปใหม่จะได้ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function)

$$H_1(s)=\frac{R_1Q(s)+H_2(s)}{R_1C_1s+1} \qquad (19)$$

4. ระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ PID (Proportional-Integral-Derivative Control system)

ก) ตัวควบคุมแบบ P (Proportional - action controller) หรือ (P - controller)

เรียกว่า การควบคุมแบบสัดส่วนเป็นการควบคุมซึ่งมีการปฏิบัติการแก้ไขความผิดพลาด โดยให้สัญญาณที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความผิดพลาด เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$M=K_p(e) \qquad (20)$$

$$M(s)=K_pE(s) \qquad (21)$$

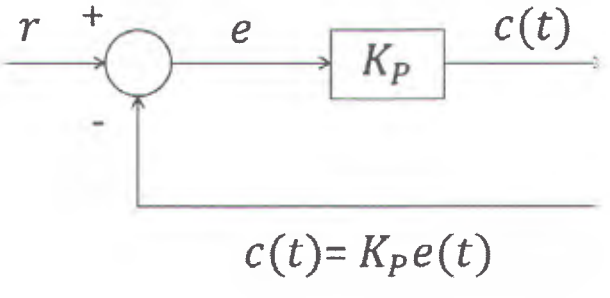
เมื่อ

m คือ ปริมาณที่เปลี่ยนแปลงที่ใช้แก้ไขความผิดพลาด (Manipulating variable)

K_p คือ อัตราการขยายของตัวควบคุมแบบอัตราส่วน (Proportional gain)

e คือ ค่าความผิดพลาดที่เปลี่ยนแปลง (Actuating error)

จากสมการที่ (21) สามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมได้ดังนี้



ภาพที่ 14 ตัวควบคุมแบบ P

คุณลักษณะที่สำคัญของการควบคุมแบบสัดส่วน ก็คือ จะมีผลตอบสนองต่อสัญญาณอินพุต แบบทันที ขนาดของเอาต์พุต นอกจากจะขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณอินพุต แล้วยังขึ้นกับอัตราการขยายของตัวควบคุมแบบอัตราส่วนจะเห็นว่าค่าของสัญญาณเอาต์พุตจะคงอยู่ได้ก็ต่อเมื่อมีสัญญาณอินพุตหรือ ค่าความผิดพลาดปรากฏอยู่ในสภาวะสม่ำเสมอเท่านั้น (Steady - State Error) ซึ่งเท่ากับ (Steady - State: SS) การควบคุมแบบสัดส่วน ต้องการค่าความผิดพลาดเพื่อกำเนิดสัญญาณเอาต์พุตสำหรับกระบวนการ (Process or Plant) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า การควบคุมแบบสัดส่วนไม่สามารถกำจัดค่าความผิดพลาดของระบบที่ถูกใช้ให้ควบคุมให้หมดได้ แต่เนื่องจากการควบคุมแบบสัดส่วนตอบสนองต่อสัญญาณอินพุตแบบฉับพลัน จึงทำให้มีความไวในการควบคุมระบบ ซึ่งถือได้ว่าเป็นคุณสมบัติเด่นของการควบคุมแบบสัดส่วน

ข) ตัวควบคุมแบบ D (Derivative-action Controller) หรือ (D-controller)

เรียกว่า การควบคุมแบบอนุพันธ์เป็นการควบคุมซึ่งมีการปฏิบัติการเพื่อแก้ไขความผิดพลาดโดยให้สัญญาณที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการอนุพันธ์ของค่าความผิดพลาด (Time integral of the error) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$M = K_d(e) \tag{22}$$

$$M(s) = K_d E(s) \tag{23}$$

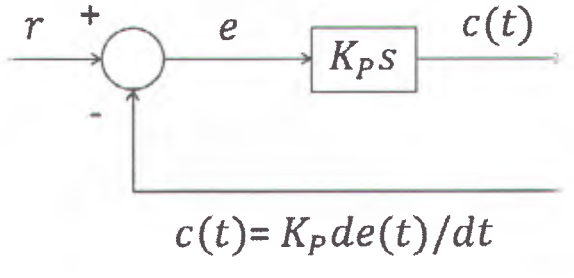
เมื่อ

m คือ ปริมาณที่เปลี่ยนแปลงที่ใช้แก้ไขความผิดพลาด (Manipulating variable)

K_p คือ หารขยายของตัวควบคุมแบบอนุพันธ์ (Derivative gain)

e คือ ค่าความผิดพลาดที่เปลี่ยนแปลง (Actuating error)

จากสมการที่ (23) สามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมได้ดังนี้



ภาพที่ 15 ตัวควบคุมแบบ D

การแก้ไขค่าผิดพลาด เป็นอัตราของการเปลี่ยนแปลงความผิดพลาด ดังนั้นการควบคุมแบบอนุพันธ์ จะให้สัญญาณเอาต์พุต ที่เกิดจากการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุต เท่านั้น และจะไม่มีผลต่อสัญญาณอินพุตหรือค่าความผิดพลาดที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรืออยู่ในสภาวะคงที่

การควบคุมแบบอนุพันธ์ทำให้ระบบสามารถที่จะแก้ไขความผิดพลาดก่อน ที่ค่าความผิดพลาดจะมีมากขึ้น แต่จะไม่รับรู้การมีอยู่ของค่าความผิดพลาดที่อยู่ในสภาวะคงที่ดังนั้นการควบคุมแบบอนุพันธ์เพียงอย่างเดียวจึงไม่เหมาะที่จะใช้ในการควบคุมระบบ การชดเชยข้อด้อยดังกล่าวทำได้โดยใช้การควบคุมแบบอนุพันธ์ร่วมกับการควบคุมแบบสัดส่วน และการควบคุมแบบปริพันธ์เพื่อทำให้ คุณสมบัติโดยรวมของการควบคุมดีขึ้น

ค) ตัวควบคุมแบบ I (Integral - action controller) หรือ (I - controller)

หรือที่เรียกว่า การควบคุมแบบปริพันธ์เป็นการควบคุมเพื่อแก้ไขความผิดพลาดโดยให้สัญญาณเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการอินทิเกรต (Integral) ของค่าความผิดพลาด (Time integral of the error) เขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$m = K_i \int e dt \tag{24}$$

$$M(s) = K_i E(s) \tag{25}$$

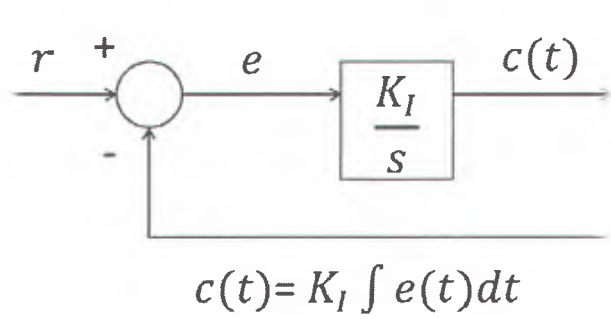
เมื่อ

m คือ ปริมาณที่เปลี่ยนแปลงที่ใช้แก้ไขความผิดพลาด (Manipulating variable)

K_i คือ อัตราการขยายของตัวควบคุมแบบอินทิเกรต (Integral gain)

e คือ ค่าความผิดพลาดที่เปลี่ยนแปลง (Actuating error)

จากสมการที่ (25) สามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมได้ดังนี้



ภาพที่ 16 ตัวควบคุมแบบ I

จากภาพที่ 16 สัญญาณเอาต์พุต เป็นค่าสะสมของสัญญาณอินพุต ตราบใดที่ยังมีสัญญาณอินพุตหรือค่าความผิดพลาดปรากฏอยู่ ค่าของสัญญาณเอาต์พุตจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ค่าของ

สัญญาณเอาต์พุตจะหยุดเปลี่ยนแปลงและรักษาค่าให้คงที่ไว้เมื่อค่าความผิดพลาดเท่ากับศูนย์ (Error : E = 0) ความเร็วการเพิ่มขึ้นของสัญญาณเอาต์พุตนอกจากจะขึ้นอยู่กับขนาดของค่าความผิดพลาดแล้วยังขึ้นกับ Integral reset time (Ti) คุณลักษณะสำคัญของการควบคุมแบบปริพันธ์หรือจากการหาอนุพันธ์จะได้ $\left(\frac{dm}{dt}\right) = K_i(e)$ แสดงให้เห็นว่า อัตราการแก้ไขความผิดพลาดเป็นสัดส่วนกับค่าความผิดพลาด

ดังนั้นตัวควบคุมแบบปริพันธ์ จึงสามารถทำการแก้ไขความผิดพลาดของระบบจนกระทั่งไม่มีความผิดพลาด แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้การตอบสนองของระบบช้าลง (Discussion) เมื่อเทียบกับการควบคุมแบบสัดส่วน (Proportional) แล้วจะเห็นได้ว่าการควบคุมแบบปริพันธ์ มีคุณสมบัติของการหน่วงเวลา (Time delay) ร่วมอยู่ด้วย

ง) การทดสอบด้วยวิธีของซีเกลอร์นิโคล (Ziegler Nichols)

ก) ปรับค่าเกนให้สูงขึ้นจนกระทั่งเริ่มเกิดการแกว่ง

ข) บันทึกค่าเกน (K_c) และคาบเวลาของการแกว่งตัว (T)

ค) นำค่าเกน (gain) และคาบเวลาของการแกว่งตัวที่ได้ไปเข้าสูตรเพื่อหาค่าเกนที่เหมาะสมสำหรับตัวควบคุมแต่ละแบบ ดังแสดงในภาพที่ 17 โดยข้อดีของตัวควบคุมแบบ PID Controller มีอะไรบ้าง

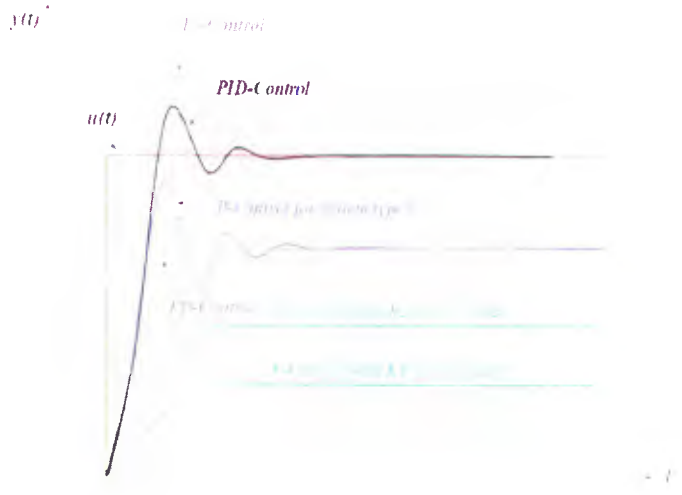
1) ตัวควบคุมแบบ PID ใช้สำหรับการปรับปรุงผลตอบสนองเวลาของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System)

2) ตัวควบคุมแบบ P (Proportional Controller) ช่วยปรับปรุง Rise time ของระบบ

3) ตัวควบคุมแบบ PD (Proportional-Derivative Controller) ช่วยปรับปรุง Overshoot ของระบบ

4) ตัวควบคุมแบบ PI (Proportional-Integral Controller) ช่วยกำจัด Steady-state error ของระบบ

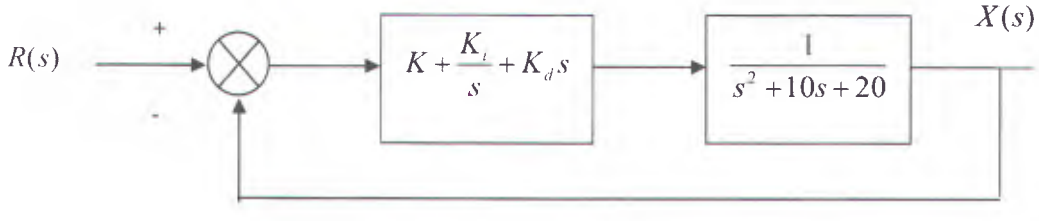
5) วิศวกรผู้ออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถทำการปรับค่า K, K_i, K_d ให้ได้ผลตามที่กำหนดไว้ (Set point) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 17 กราฟผลการตอบสนองของตัวควบคุมแบบต่างๆ (Nise, 2000)

ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้ตัวควบคุมแบบ Proportional-Integral-Derivative (PID Controller) กำหนดให้ค่า K=350, K_i=300, K_d=50



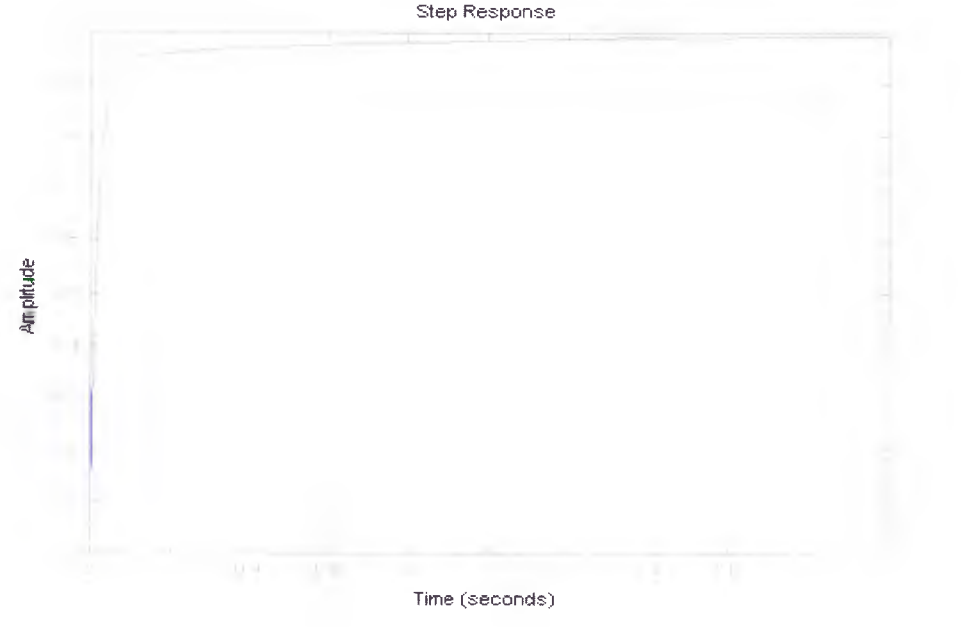
$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{K_d s^2 + K_s + K_i}{s^3 + (10 + K_d)s^2 + (20 + K)s + K_i}$$

เขียนโปรแกรม MATLAB

```
>> k=350;
>> ki=300;
>> kd=50;
>> num=[kd k ki];
```

```
>> den=[1 10+kd 20+k ki];
>> step(num,den,t);grid
```

พล็อตกราฟผลการตอบสนองด้วยโปรแกรม MATLAB ได้ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 กราฟผลการตอบสนองของตัวควบคุมแบบ PID

5. การ์ด ดีเอคิว (Data Acquisition : DAQ)

DAQ ย่อมาจาก Data Acquisition ก็คือ การ์ดอินเตอร์เฟส (Card Interface) เป็นแบบปลั๊กอิน (Plug-In) เสียบเข้าใส่ใน Computer Bus ภายใน Computer Case ซึ่งจะทำให้ได้ความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูลสูงขึ้น โดยการ์ดนี้ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์กับสัญญาณวัดที่ส่งมาจาก Signal Conditioning Module แต่ละ การ์ดที่ติดตั้งใน คอมพิวเตอร์(Computer) จะมี แอดเดรส (Addressed) ของตัวมันเองโดยระบุที่อยู่ในตำแหน่ง Input/Output Memory Map

Data Acquisition ทำหน้าที่ประมวลแปลความหมายหรือเปลี่ยนสัญญาณในลักษณะอนาล็อก (Analog) ให้มาอยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) เพื่อประโยชน์ในการตีความหมายและใช้ในการควบคุมหน้าที่ของบอร์ด ดีเอคิว (Data Acquisition Board) อาจจะเป็นการอ่านสัญญาณอนาล็อก (A/D Conversion) การสร้างสัญญาณอนาล็อก (D/A Conversion) เขียนและอ่านสัญญาณ เพื่อเชื่อมต่อกับ ตัว

แปลงสัญญาณโดยข้อกำหนด (Specification) ของ การ์ดอินเตอร์เฟส จะ ถูกระบุไว้อยู่บนบอร์ดดีเอคิว ข้อกำหนดเบื้องต้นของฮาร์ดแวร์ DAQ ที่สำคัญๆ มีดังนี้

ก) จำนวนช่องสัญญาณอินพุต อนาล็อกอินพุต (Analog Input) ของบอร์ด DAQ มักจะได้รับการระบุไว้ทั้ง 2 กรณีดังนี้ คือ 1) Single-Ended โดยอินพุตของบอร์ด ดีเอคิว ที่เป็น Single-Ended นั้นจะอ้างอิงกับกราวด์จุดเดียวกันทั้งหมด และอินพุตแบบนี้จะใช้ในกรณีสัญญาณอินพุตมีระดับสูงมากกว่า 1 โวลต์ และ 2) ใช้สายวัดสั้นๆไม่เกิน 15 ฟุตDifferential Input แต่ละอินพุตจะมีกราวด์ของตัวเอง ซึ่งถือเป็นข้อดีเพราะเป็นการลดสัญญาณรบกวน Common-Mode ได้

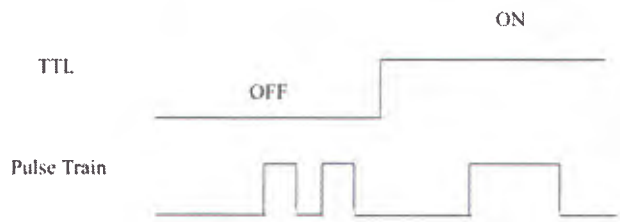
ข) อัตราการสุ่มวัด (Sampling Rate) เป็นพารามิเตอร์ที่จะกำหนดว่าบอร์ด ดีเอคิว จะสามารถวัดสัญญาณอินพุตได้ละเอียดมากเท่าใด โดยปกติบอร์ด ดีเอคิว แบบปลั๊กอิน จะมีอัตราการสุ่ม 30,000 ถึง 250,000 ครั้งต่อวินาที เนื่องจากการสุ่มวัดด้วยความถี่สูงๆ จะทำให้สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุตได้ในทันทีทันใด (ทฤษฎีของ Nyquist จะต้องทำการสุ่มอ่านค่าความถี่เสียงด้วยความถี่อย่างน้อย 1.5 เท่าของความถี่สัญญาณอินพุต) ในทางกลับกันหากใช้อัตราการสุ่มวัด ที่ไม่เหมาะสมแล้ว การตีความสัญญาณอินพุตก็จะผิดเพี้ยนไป โดยปกติแล้วบอร์ด DAQ จะต้องทำการวัดสัญญาณอินพุตหลายช่องสัญญาณพร้อม ๆ กัน บอร์ด ดีเอคิว จึงต้องมีวงจรมัลติเพล็กซ์ เพื่อเลือกสัญญาณเข้ามาวิเคราะห์ทีละช่องสัญญาณ

ค) ระดับการแยกแยะสัญญาณ เกิดจากการแปลงสัญญาณวัดจากสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ของบอร์ด DAQ ซึ่งจะใช้จำนวนบิตในการแทนค่าของสัญญาณอนาล็อกในแต่ละช่วงเวลา เช่น การแทนด้วยรหัสเพียง 3 บิต นั้นให้ค่าความแยกแยะเพียง 8 ระดับ หากต้องการเพิ่มค่าความแยกแยะ เพื่อป้องกันข้อมูลของสัญญาณที่วัดได้ขาดหายไป ก็จะต้องเพิ่มการแทนบิตสูงขึ้น เช่น การแทนบิตด้วยรหัส 8 บิต จะสามารถแทนระดับสัญญาณอินพุตได้สูงถึง 255 ระดับ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความแม่นยำให้กับการวัดอย่างมากเลยทีเดียว

ง) การแบ่งประเภทสัญญาณ สามารถแยกประเภทสัญญาณได้ตามลักษณะของมันได้เป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือแบบสัญญาณดิจิตอล และสัญญาณอนาล็อก (Analog Signal) สำหรับปริมาณที่เกิดขึ้นตามปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ จะเป็นสัญญาณประเภท อนาล็อกแทบทั้งสิ้นส่วนสัญญาณดิจิตอลนั้นโดยมากแล้วจะเป็นสัญญาณที่มนุษย์สร้างขึ้น และมักใช้ประโยชน์ในงานควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ โดยปกติเมื่อสัญญาณผ่านออกจากตัวแปลงสัญญาณ (Signal Conditioner) มาแล้ว สัญญาณจะมีลักษณะเป็นสัญญาณไฟฟ้าแต่ยังคงเป็น สัญญาณอนาล็อกอยู่ การจะนำปริมาณนั้นเข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า A/D (Analog to Digital Converter บางครั้งเรียกย่อ ADC) เมื่อสัญญาณเข้าสู่ A/D จะได้รับการเปลี่ยนลักษณะให้เป็นสัญญาณดิจิตอล จากนั้นจึงสามารถให้คอมพิวเตอร์ดึงข้อมูลของสัญญาณนั้นออกมาได้ ข้อมูลที่สำคัญที่บรรจุอยู่ในสัญญาณนั้น เช่น รูปร่าง, ปริมาณ, ความถี่เป็นต้น ถ้าจะแบ่งประเภทของสัญญาณกันจริงๆแล้วสัญญาณทุกแบบเป็นอนาล็อก แทบทั้งสิ้นและมักเปลี่ยนแปลงไป

ตามเวลาในการพิจารณาเรื่องการวัดสัญญาณจะแบ่งสัญญาณออกย่อยจาก ดิจิตอล และ อนาล็อก ออกเป็นทั้งหมด 5 ประเภทคือ

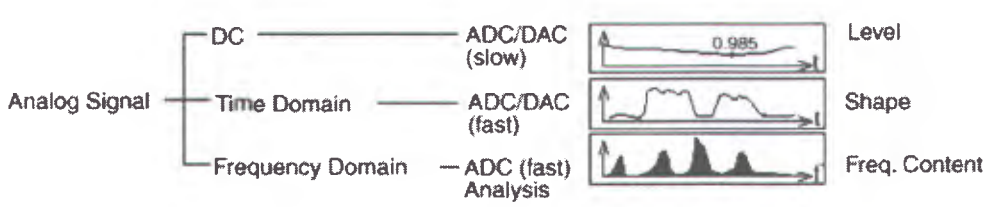
ก) สัญญาณดิจิตอล แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ON-OFF Signal หรือ TTL (Transistor to Transistor Logic) และ Pulse Train Signal แสดงดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 สัญญาณดิจิตอล 2 ชนิด

สำหรับ ON-OFF Signal มักจะเป็นสัญญาณที่มีข้อมูลที่เป็นสภาวะ (State) ว่าขณะนี้มีสัญญาณเกิดขึ้น (ON) หรือไม่มีสัญญาณ (OFF) อุปกรณ์ที่ใช้วัดจึงเป็นอุปกรณ์ประเภท digital State Detector เช่น หลอดไฟ หรือ LED ก็สามารถบอกสภาวะขณะนั้นได้ ส่วน Pulse Train Signal จะเป็นสัญญาณที่ประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาวะออกอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลที่สำคัญที่สัญญาณนี้มีคือจำนวนการเปลี่ยนแปลงสภาวะหรือระยะเวลาระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาวะสำหรับตัวอย่างของสัญญาณในลักษณะนี้ก็ เช่น การสะท้อนของแสงจากแผ่นโลหะที่ติดอยู่บนเพลา เพื่อใช้ในการวัดความเร็วรอบ หรือสำหรับในงานด้านการควบคุมสัญญาณในลักษณะนี้จะใช้ในการควบคุมเสต็ปเปอร์มอเตอร์

ข) สัญญาณอนาล็อก สามารถแบ่งแยกย่อยออกเป็น 3 ชนิด คือ สัญญาณไฟตรง (DC Signal) สัญญาณที่เปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ สัญญาณไฟสลับ (AC Signal) สัญญาณที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเทียบกับเวลา (Time Domain) และ Frequency Domain Signal สัญญาณที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วแต่เป็นการพิจารณาว่าสัญญาณนั้น มีความถี่ใดบ้างที่บรรจุอยู่



ภาพที่ 20 สัญญาณอนาล็อกทั้ง 3 ชนิด

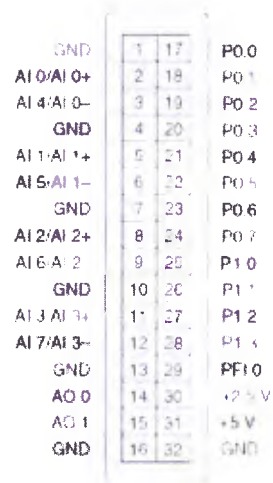
ค) สัญญาณไฟตรง สัญญาณนี้จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้าๆ เทียบต่อเวลา คุณลักษณะที่สำคัญของสัญญาณไฟตรง ก็คือปริมาณหรือขนาดของสัญญาณที่ได้ขณะนั้น เนื่องจากสัญญาณไฟตรงเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้าๆ ความแม่นยำในการวัดจึงสำคัญมากกว่าอัตราการเก็บข้อมูล ลักษณะของสัญญาณไฟตรง นี้มักได้จากอุปกรณ์การวัดทางกลขั้นพื้นฐาน เช่น อุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหลในท่อปกติ เป็นต้น ลักษณะของระบบ ดีเอคิว ควรจะมีลักษณะดังต่อไปนี้ Accuracy/Resolution คือ มีความแม่นยำและละเอียดและ Low Bandwidth คือมีอัตราการเก็บข้อมูลที่ต่ำ

ง) สัญญาณไฟสลับ ลักษณะของสัญญาณไฟสลับ ที่สำคัญก็คือจะส่งผ่านขนาดของสัญญาณและการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณเทียบต่อเวลา ในการวัดปริมาณและแสดงผลของสัญญาณในลักษณะนี้มักเรียกสัญญาณนี้ว่าอยู่ในรูปของ รูปคลื่น (Waveform) ในการวัดสัญญาณไฟสลับ ใน Time Domain จำเป็นจะต้องวัดข้อมูลต่อเนื่องกันเพื่อจะหาขนาดของสัญญาณในแต่ละเวลา การวัดจะต้องกระทำบ่อยครั้งเพื่อให้เพียงพอต่อการนำข้อมูลนี้ไปแปลความหมายได้อย่างถูกต้อง แต่ต้องไม่มากจนเกินไปเพราะไม่มีทรัพยากรในคอมพิวเตอร์เพียงพอที่จะบรรจุข้อมูลเหล่านี้ตลอดเวลา ลักษณะของการ์ดดีเอคิว ที่เหมาะสมกับงานประเภทนี้ควรเป็นดังนี้ High Bandwidth เพื่อสามารถสุ่มเก็บตัวอย่างข้อมูลได้ในอัตราที่สูง Accurate Sample Clock เพื่อสามารถสุ่มเก็บตัวอย่างได้ในช่วงเวลาที่แม่นยำและ Triggering เพื่อที่จะได้เริ่มเก็บข้อมูล
ในเวลาที่แม่นยำ

จ) Frequency Domain Signals ในความเป็นจริงแล้วสัญญาณอนาล็อก ทุกรูปแบบจะอยู่ใน Time Domain ทั้งสิ้นเพียงแต่ว่าข้อมูลที่สำคัญที่อยู่ในข้อมูลนั้นคืออะไร สำหรับสัญญาณประเภทนี้นั้นมีความแตกต่างจากสัญญาณไฟสลับ ตรงที่ต้องการทราบว่าในสัญญาณที่วัดโดยรวมนั้นมีสัญญาณที่มีความถี่เท่าใดบ้างบรรจุอยู่ด้วย และแต่ละความถี่มีปริมาณเท่าใด แต่ในสัญญาณไฟสลับ ปกติทั่วไปจะให้ความสำคัญกับรูปทรงของสัญญาณมากกว่าความถี่ที่บรรจุอยู่ ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้วัดสัญญาณประเภทนี้จึงคล้ายกับสัญญาณไฟสลับ แต่ต้องเพิ่มฟังก์ชั่นที่เข้าไปมีส่วนร่วมในการเปลี่ยนสัญญาณที่วัดออกมาจาก Time Domain ให้อยู่ใน Frequency Domain ซึ่งจะใช้วิธีการของการแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform) ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบ DAQ นี้มีดังนี้ High Bandwidths สุ่มตัวอย่างด้วยอัตราสูง Accurate Sample Clock สามารถสุ่มตัวอย่างเป็นช่วงๆด้วยความแม่นยำ Triggering เริ่มสุ่มตัวอย่างด้วยเวลาที่แม่นยำและ Analysis Function เปลี่ยนข้อมูลใน Time Domain ให้อยู่ใน Frequency Domain

ฉ) การ์ด DAQ รุ่น USB 6009 ในงานวิจัยนี้ใช้การ์ด DAQ รุ่น USB 6009 รับสัญญาณจากตัวตรวจรู้โดยเอาต์พุตที่ได้จากตัวตรวจรู้เหล่านี้จะมีค่าเป็นแรงดันหรือกระแสหรือพัลส์ จะรับค่าผ่านทาง การ์ด DAQ รุ่น USB 6009ไปยังโปรแกรมแลปวิว ซึ่งโปรแกรมแลปวิวสามารถอ่านค่าที่ผ่านเข้ามาทางการ์ด DAQ แล้วบันทึกค่าเป็นไฟล์ข้อมูลได้ โดยขาการใช้งานของ การ์ด DAQ รุ่น USB 6009 ดังภาพที่

ภาพที่ 21 การ์ด DAQ รุ่น USB 6009

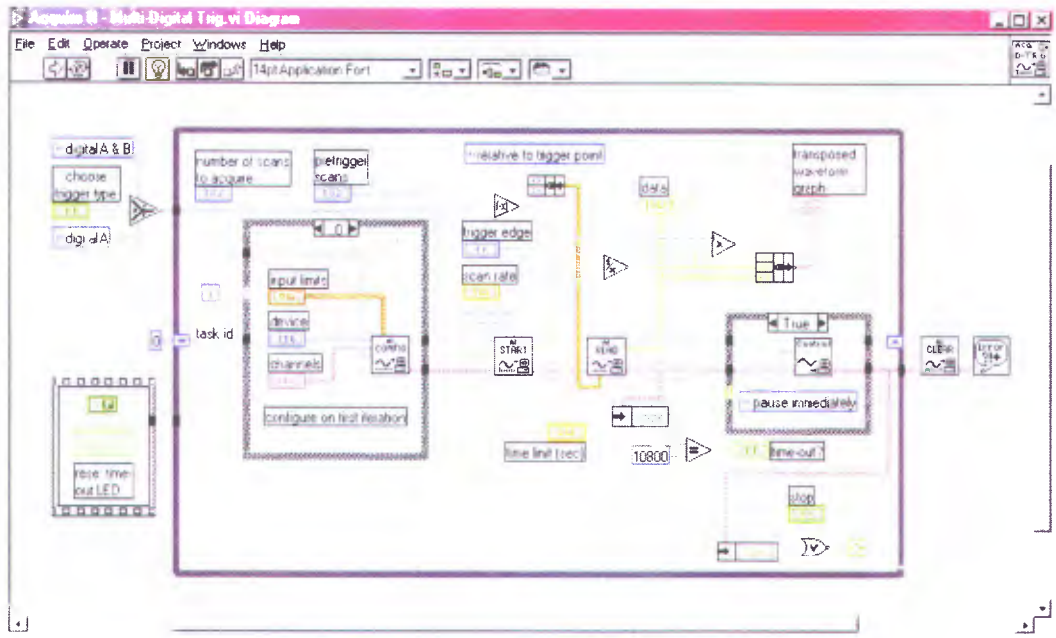


ภาพที่ 22 ขาของการ์ด DAQ รุ่น USB 6009

6. โปรแกรม LabVIEW

เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างเพื่อนำมาใช้ในด้านการวัดและเครื่องมือวัดสาหรับงานทางวิศวกรรม Lab VIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench ซึ่งหมายความว่าเป็นโปรแกรมที่สร้าง เครื่องมือวัดเสมือนจริงในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม ดังนั้นจุดประสงค์หลักของการทำงานของโปรแกรมนี้ก็คือการจัดการในด้านการวัดและเครื่องมือวัด อย่างมีประสิทธิภาพ และใน

ตัวของโปรแกรมจะประกอบไปด้วยฟังก์ชันที่ใช้ช่วยในการวัดมากมายและแน่นอนที่สุด โปรแกรมนี้จะมีประโยชน์อย่างสูงเมื่อ ใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดทางวิศวกรรมต่างๆ สิ่งที่ Lab VIEW แตกต่างจากโปรแกรมอื่นอย่างเห็นได้ชัดที่สุดก็คือ Lab VIEW นี้เป็นโปรแกรมประเภท GUI (Graphic User Interface) โดยสมบูรณ์นั่นคือไม่จำเป็นต้องเขียน code หรือคำสั่งใดๆ ทั้งสิ้น



ภาพที่ 23 โปรแกรม LabVIEW ที่ใช้ในการวิจัย

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ราชันย์ ไชยหาญ (2554) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ชุดควบคุมไฮบริดแบบฟัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซีสำหรับระบบเซอร์โวไฮดรอลิค พบว่า จากการศึกษาตัวควบคุมแบบพีไอดีพบว่าใช้ได้ดีในระบบที่เป็นเชิงเส้นแต่จะเกิดปัญหาค่าพุ่งเกินสูงและต้องปรับค่าเกนอยู่บ่อยครั้งเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงตามลักษณะเชิงกายภาพของระบบ และมีปัญหาสัญญาณรบกวน แต่มีข้อดีคือมีความแม่นยำและสามารถลดความผิดพลาดตกค้างได้ เนื่องจากการทำงานของโหมดไอ ตัวควบคุมแบบฟัซซี พบว่าจะใช้ได้ดีในระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นเป็นระบบที่ต้องกำหนดเงื่อนไขการตัดสินใจต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความต้องการ การควบคุมแบบฟัซซีมีข้อดีคือแม้พารามิเตอร์ของระบบมีการเปลี่ยนแปลงแต่ผลของเอาต์พุตที่ได้ค่อนข้างดีกว่าพีไอดี ที่จะต้องมีการปรับค่าเกนใหม่ แต่การเข้าสู่ค่าที่ต้องการ พีไอดีสามารถให้ผลที่ดีกว่าฟัซซี จากข้อมูลที่ได้ศึกษารูปแบบการควบคุมพีไอดีและฟัซซี จึงได้นำข้อดีของทั้งสองรูปแบบมาประยุกต์เป็นไฮบริดแบบฟัซซีและพีไอดีที่ปรับค่า

ด้วยฟัซซี มาใช้ในการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิค ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองและการทดลองพบว่าไฮบริดแบบฟัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซีสามารถนำมาใช้ในการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิคได้อย่างมีประสิทธิภาพและน่าพึงพอใจ

สุรัตน์ ธัญญะภูมิ และกฤษณะ ศรีมาวรรณ์ (2552) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำด้วยวิธีการควบคุมแบบพีไอดีและฟัซซี โดยใช้โปรแกรม LabVIEW เพื่อใช้เป็นสื่อการสอนในภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ โดยส่งคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC) เพื่อประมวลผลตามโปรแกรมโดยการควบคุมระดับน้ำใช้เซนเซอร์ความดัน (Pressure Sensor) สำหรับการป้อนกลับให้ระดับน้ำทำงานตามคำสั่งที่ได้รับและแสดงผลขึ้นที่หน้าจอโปรแกรม LabVIEW ผลการทดลองพบว่า ชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำสามารถแสดงผลได้ถูกต้องตามทฤษฎี และผลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านอยู่ในเกณฑ์ดี ที่ค่าเฉลี่ยรวม 3.54

สุวิทย์ อ่วมคง (2555) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาไฟฟ้าในชีวิตประจำวันชีวิตประจำวัน ซึ่งประกอบด้วยเอกสารประกอบการสอน ใบเนื้อหา, แบบทดสอบ และคู่มือครู โดยผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการสอน จำนวน 5 ท่าน แล้วนำผลการประเมินมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้น จึงนำไปหาประสิทธิภาพจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จำนวน 21 คน ผลการประเมินด้านคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.56 มีคุณภาพอยู่ในระดับ ดี ด้านประสิทธิภาพ ค่าประสิทธิภาพตัวแรก มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 84.95 และค่าประสิทธิภาพตัวภาพตัวหลัง มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 72.57 จึงสรุปได้ว่าชุดการสอน ที่ผู้ทำโครงงานได้ทำขึ้น มีคุณภาพอยู่ในระดับ ดี และมีประสิทธิภาพ 84.95/72.57 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80 ตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

อุดมศักดิ์ สมภักดี และณัฐชัย ชุ่มประดิษฐ์ (2556) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การควบคุมหุ่นยนต์ล้อเคลื่อนที่หลายทิศทางซึ่งประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ 1. การออกแบบหุ่นยนต์ 2. การพัฒนาโปรแกรม C# 3. พัฒนาโปรแกรม Android เพื่อควบคุมหุ่นยนต์โดยที่การทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 ระบบคือการเคลื่อนที่แบบบุคคลเป็นผู้บังคับและแบบอัตโนมัติในการเคลื่อนที่แบบบุคคลเป็นผู้บังคับจะเป็นการเคลื่อนที่แบบอิสระตามที่ผู้บังคับต้องการที่จะให้ไป และการควบคุมแบบอัตโนมัติจะเป็นการควบคุมโดยสั่งเป็นแบบกำหนดรัศมีกับมุมโดยที่ระบบอัตโนมัติจะมีระบบหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ซึ่งจะใช้โปรแกรม C# และโปรแกรม Android เป็นตัวแสดงผลแล้วจึงส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผ่านระบบไร้สาย หลังจากนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ โดยจะมีสัญญาณป้อนกลับทั้งหมด 2 ส่วนด้วยกัน คือเอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder) ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่กับระยะทาง และอัลทราโซนิก(Ultrasonic) จะใช้เป็นส่วนที่หลบหลีกสิ่งกีดขวาง โดยที่ระบบจะควบคุมแบบฟัซซีและทำการทดสอบการเคลื่อนที่ในพื้นที่ที่มีแรงเสียดทานต่ำกับพื้นที่ที่มีแรงเสียดทางสูงจากการทดลองผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบ พบว่า สามารถควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่

หลายทิศทางนั้นสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่กำหนดและสามารถหลบสิ่งกีดขวางได้โดยมีความผิดพลาดจากระยะที่ต้องการไม่เกิน 10%

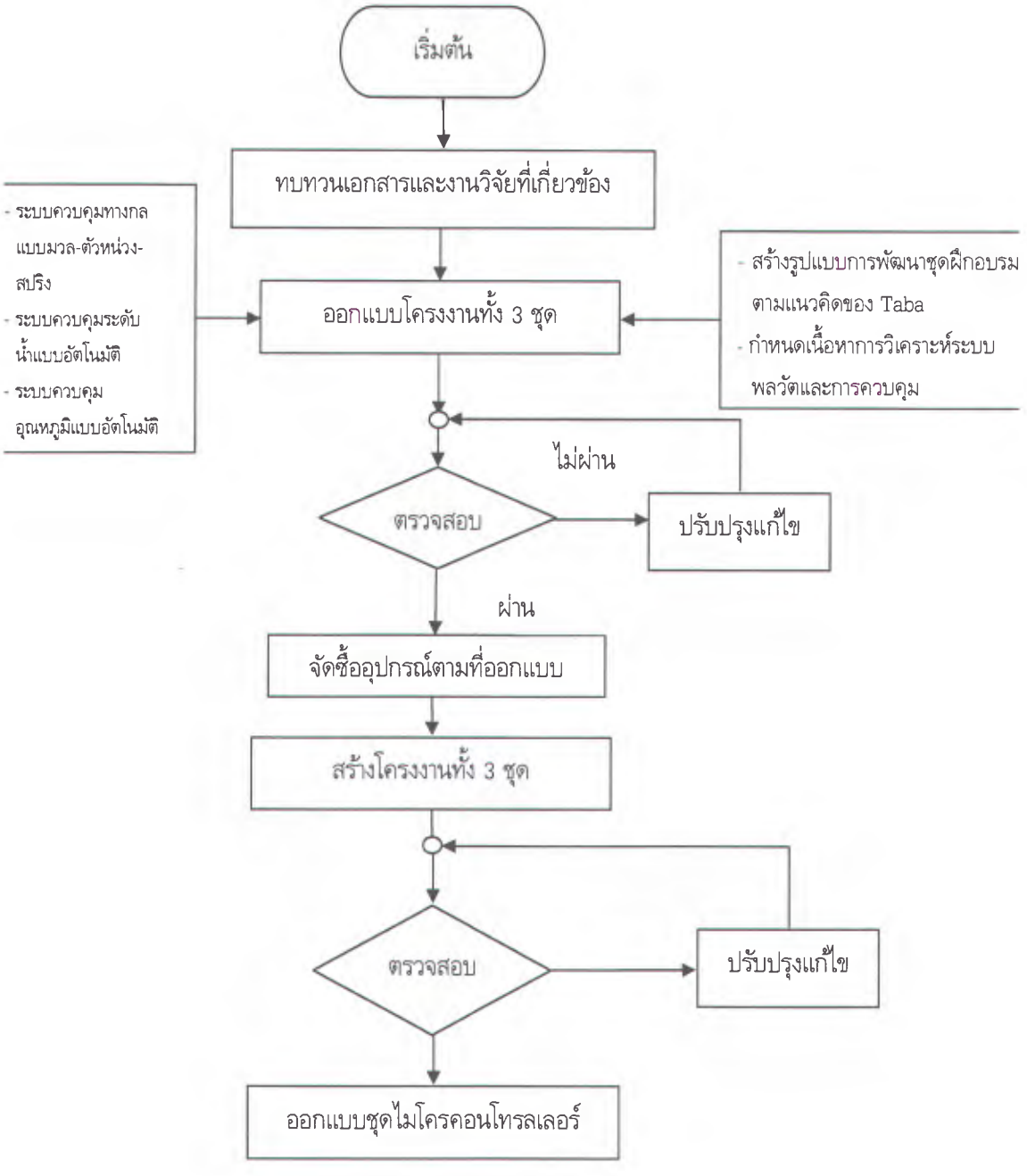
กฤษณะ รถมณี และวศิน รุ่งวิตรี (2556) การพัฒนาระบบไฮดรอลิกส์ให้มีการทำงานแบบมอเตอร์ขับตรงที่ปั๊มไฮดรอลิกส์แบบสองทางเพื่อลดการใช้วาล์วควบคุมทิศทาง ลดปัญหาทางด้านความร้อนสะสม อันเป็นสาเหตุของการรั่วซึมที่เกิดขึ้นในระบบไฮดรอลิกส์และลดการใช้สายน้ำมันไฮดรอลิกส์ซึ่งจะมีการพัฒนาระบบการทำงานที่จะสามารถกำหนดตำแหน่ง ความเร็วและความดัน ด้วยสัญญาณย้อนกลับ(Feedback)โดยการควบคุมแบบพี(P Controller)และการควบคุมแบบพีไอ (PI Controller) โดยสัญญาณย้อนกลับของระบบจะส่งผลต่อ การควบคุมตำแหน่ง ความเร็วและความดัน การทดลองการควบคุมตำแหน่งของก้านสูบโดยการขับตรงปั๊มไฮดรอลิกส์แบบสองทาง ด้วยการควบคุมแบบพีไอ ที่ระยะการทดลองที่ 120 มิลลิเมตร 180 มิลลิเมตร และ 250 มิลลิเมตรมีการทดลองการควบคุมความเร็วของก้านสูบโดยการขับตรงปั๊มไฮดรอลิกส์แบบสองทาง ด้วยการควบคุมแบบพีที่ความเร็ว 0.02 เมตรต่อวินาที 0.03 เมตรต่อวินาที และ 0.035 เมตรต่อวินาที โดยมีการควบคุมความดันของระบบด้วยการขับตรงที่ปั๊มไฮดรอลิกส์แบบสองทางจากการควบคุมแบบพี ที่ความดัน 5 บาร์ 8 บาร์ และ 10 บาร์ และนำผลที่ได้จากการทดลอง ในการควบคุมตำแหน่ง ความเร็ว ของก้านสูบ และความดัน มาเปรียบเทียบเวลาในการเข้าสู่ตำแหน่งกับระบบที่ไม่ใช้วาล์วควบคุมทิศทาง ในสภาวะที่ไม่มีภาระงาน จากผลการทดลองพบว่า การควบคุมตำแหน่ง ความเร็วและความดัน แบบขับตรง ด้วยตัวควบคุมแบบพีและพีไอนั้น สามารถควบคุมให้มีการทำงานได้ไม่ต่างกับการควบคุมแบบใช้วาล์ว

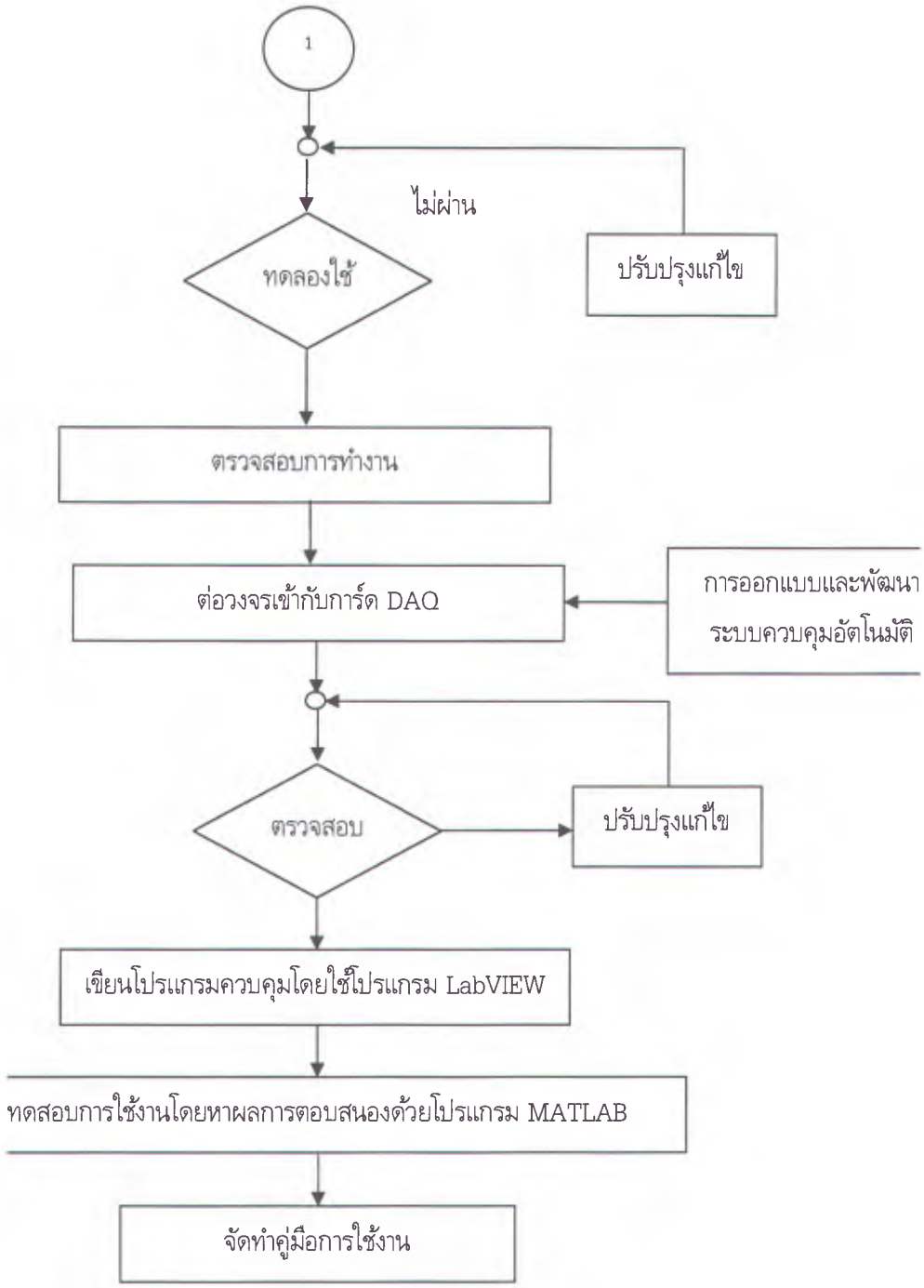
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวมรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย





ภาพที่ 23 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต หลักสูตรอุตสาหกรรมบัณฑิต ชั้นปีที่ 3 สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ปีการศึกษา 2557 จำนวน 120 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต หลักสูตรอุตสาหกรรมบัณฑิต ชั้นปีที่ 3 สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ปีการศึกษา 2557 จำนวน 30 คน ด้วยการสุ่มแบบเป็นระบบ (Systematic sampling) ด้วยการทดสอบใช้ชุดฝึกอบรม

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. การวิเคราะห์เนื้อหาและกำหนดวัตถุประสงค์

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เนื้อหาได้รายการความรู้ที่จำเป็นแล้วรวมถึงศึกษาเอกสารตำราวิชาการต่างๆอีกทั้งผ่านการตรวจสอบจากผู้ที่มีประสบการณ์ชำนาญในวิชาชีพซึ่งให้ได้มาซึ่งเนื้อหาที่จำเป็นแล้วกำหนดเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ก) การสร้างแผนภูมิระดมสมอง (Brain Storm Chart Creation) โดยเริ่มจากเขียนประเด็นและกรอบแนวคิดระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมทั้ง 3 ชุด โดยใช้โปรแกรมการสร้างผังมโนทัศน์ (Concept mapping) เขียนโยงกับรายการความรู้อย่างอิสระหรือหากเป็นรายการย่อยก็ให้โยงกับรายการหลักต่อไป

ข) การสร้างแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์ (Concept Chart Creation) จากแผนภูมิระดมสมองจะนำมาทำการวิเคราะห์ความถูกต้องของทฤษฎีหลักการและเหตุผลความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันอย่างละเอียดอาจมีการตัด-เพิ่มหัวเรื่องตามเหตุผลและความเหมาะสมจากตำราวิชาการ งานวิจัย คู่มือการซ่อมบำรุง การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ และเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ค) การสร้างแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart Creation) ลำดับชุดฝึกอบรมกำหนดเนื้อหาการเรียนรู้ก่อน-หลังความต่อเนื่องของเนื้อหาหรือเนื้อหานั้นสามารถเรียนแบบขนานกันได้ไม่เกี่ยวข้องกันแล้วทำการวิเคราะห์เหตุผลความสัมพันธ์ของเนื้อหา

ง) จากการวิเคราะห์เนื้อหาและรายการความรู้ที่จำเป็นรวมถึงศึกษาตำราวิชาการและเอกสารที่เกี่ยวข้องกำหนดเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและขอบเขตเนื้อหาของชุดการสอน

จ) สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการวิเคราะห์งาน

ฉ) นำผลที่ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญในด้านเนื้อหาวิชาและผู้มีประสบการณ์ในอาชีพ จำนวน 3 ท่าน จากผู้มีประสบการณ์ในวิชาชีพผู้มีประสบการณ์ในตำแหน่งหัวหน้าหน่วยงานด้านการฝึกอบรม อาจารย์ผู้สอนในสถาบันอุดมศึกษา และหัวหน้างานด้านระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขได้เป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและขอบเขตเนื้อหาของชุดการสอน

2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) การพัฒนาชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยมีขั้นตอนต่างๆดังนี้

ก) การสร้างชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง

ข) การสร้างชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

ค) การสร้างชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ

2) การออกแบบกระบวนการเรียนรู้ แบบฝึกหัดและแบบทดสอบหลังจากวิเคราะห์เนื้อหาและกำหนดวัตถุประสงค์ วิเคราะห์ระดับของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแต่ละข้อแล้วกำหนดจำนวนข้อของแบบฝึกหัดและแบบทดสอบในวัตถุประสงค์นั้น

3) การวิเคราะห์งาน

4) ดำเนินการจัดสนทนากลุ่มผู้เชี่ยวชาญเพื่อลงความเห็นในการสร้างมาตรฐานสมรรถนะการเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล รวมถึงวิธีการวัดผลอย่างมีส่วนร่วมจากผู้เชี่ยวชาญภายนอก

5) สร้างใบงาน ใบเนื้อหาทฤษฎี ใบประลอง ใบแบบฝึกหัด

6) ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

1. นำแบบทดสอบให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความเที่ยวตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) แล้วดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1) ผศ.ดร.อนันต์ สืบสำราญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

2) ดร.วีรพล ปานศรีนวล อาจารย์
สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
และโทรคมนาคม
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

3) อ.วิทยา วงษ์กลาง อาจารย์
สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

7) แล้วนำชุดชุดฝึกอบรมและแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ไปทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (เกณฑ์>0.5) แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขได้แบบฝึกหัดที่นำมาใช้ได้ 3 ข้อ เป็นแบบทดสอบมาตรฐานของ Ogata (2004)

8) สร้างแบบประเมิน 4 ฉบับ ทั้ง 3 โครงงานดังนี้

ก) แบบประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญด้านระบบควบคุมอัตโนมัติ

ข) แบบประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญด้านชุดฝึกอบรม

ค) แบบประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อ

ง) แบบประเมินสมรรถนะการเรียนรู้ของผู้เรียน

จ) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน

ตรวจสอบความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขแล้วได้แบบประเมินตามที่กำหนดแล้วนำชุดฝึกอบรมให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาที่คัดเลือกจากผู้มีประสบการณ์ชำนาญในวิชาชีพและเนื้อหาวิชาจำนวน 3 ท่านประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกอบรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไข

3. การหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยซึ่งประกอบด้วยชุดฝึกอบรมและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ผู้วิจัยได้ทำการหาค่าต่างๆดังนี้

ก) ดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับข้อคำถามของแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ(ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา) เมื่อผู้วิจัยได้หัวข้อวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมาแล้วผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบฝึกหัดและแบบทดสอบเป็นข้อสอบแล้วส่งแบบฝึกหัดและแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านลงความคิดเห็นเพื่อนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา) และนำข้อคำถามในแบบฝึกหัดและแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.5 – 1 นำไปใช้ได้ผลมาคือแบบฝึกหัด 6

ข้อ ครอบคลุมทั้ง 3 โครงงาน และแบบทดสอบจำนวน 3 ข้อ จำแนกออกเป็นโครงงานละ 1 ข้อ เป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัยแสดงวิธีทำ

ข) ความเชื่อมั่นของแบบฝึกหัดและแบบทดสอบผู้วิจัยได้ทดลองหาคุณภาพของแบบฝึกหัดได้ใช้แบบทดสอบมาตรฐานของ Ogata (1988)

ค) ความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกอบรมผู้วิจัยได้ส่งแบบสอบถามสำหรับประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อชุดการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยแบ่งออกเป็นด้านเนื้อหา และด้านสื่อ ความหมายของระดับคะแนนที่ใช้สำหรับการประเมินชุดการสอน

5.00 – 4.00 หมายถึง มีระดับของคุณภาพในระดับดีมาก

3.99 – 3.00 หมายถึง มีระดับของคุณภาพในระดับดี

2.99 – 2.00 หมายถึง มีระดับของคุณภาพในระดับพอใช้

1.99 – 1.00 หมายถึง มีระดับของคุณภาพในระดับต้องปรับปรุง

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้นผู้วิจัยจะใช้แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pre-test Post-test Design ซึ่งมีลักษณะดังนี้

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่

1.1 ร้อยละ (Percentage) คำนวณได้จากสูตร

$$P = \frac{F \times 100}{N}$$

เมื่อ P แทน ร้อยละ

F แทน ความถี่หรือจำนวนข้อมูลที่ต้องการร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) ใช้สูตร

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
N แทน จำนวนประชากร

1.3 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum X^2 - (\sum X)^2}{N}}$$

เมื่อ σ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร
$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคน
$\sum x^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง
N แทน จำนวนประชากร

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ

2.1 การหาค่าความเที่ยงตรง (Validity) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2545: 117)

1) วิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา (IOC) คำนวณจากสูตร

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา
$\sum R$ แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2) ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมตามเกณฑ์ 80/80 โดยใช้สูตร E_1/E_2 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2545: 117)

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100$$

เมื่อ E_1 หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบระหว่างเรียนทุกคนรวมกัน

ΣX หมายถึง คะแนนของแบบฝึกหัดของแบบทดสอบระหว่างเรียนทุกคน
รวมกัน

A หมายถึง คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกคนรวมกัน

N หมายถึง จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน

ΣX หมายถึง คะแนนของแบบทดสอบหลังเรียน

B หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

N หมายถึง จำนวนนักเรียนทั้งหมด

3) การทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติเชิงสรุปอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังฝึกอบรม โดยใช้สูตร *t*-test dependent

$$t = \sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{(n-1)}}$$

เมื่อ $\sum D$ หมายถึง ผลรวมค่าความแตกต่างของคะแนนแต่ล่ะคู่

$\sum D^2$ หมายถึง ผลรวมค่าความแตกต่างของคะแนนแต่ล่ะคู่ยกกำลังสอง

n หมายถึง จำนวนคู่ของกลุ่มตัวอย่าง โดยมีค่า $df = n - 1$

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การนำเสนอผลการศึกษา

หลังจากผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการทางสถิติหาค่าเฉลี่ยคุณภาพของชุดฝึกอบรม จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขจนชุดฝึกอบรมเสร็จสมบูรณ์ แล้วนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง โดยให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน โดยนำคะแนนของแบบทดสอบไปคำนวณหาค่าทางสถิติเพื่อหาประสิทธิภาพ และผลสัมฤทธิ์ของชุดฝึกอบรม

4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านการออกแบบชุดฝึกอบรม

ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน ได้มีข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการออกแบบโดยแสดงค่าเฉลี่ยดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 การประเมินผลด้านการออกแบบชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง

ข้อ	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย $(\overline{X})$	การแปลความหมาย
1	มีความเหมาะสมในการเป็นสื่อการเรียนการสอน	5.00	ดีมาก
2	มีความแข็งแรง ทนทาน สะดวกต่อการใช้งาน และการซ่อมบำรุง	4.80	ดีมาก
3	มีอุปกรณ์ครบถ้วน และครบถ้วนตามหลักวิศวกรรม	5.00	ดีมาก
4	มีการจัดวางอุปกรณ์ได้เหมาะสมสะดวกต่อการจัดเก็บเคลื่อนย้ายได้สะดวก	5.00	ดีมาก
5	ประหยัด คุ้มค่ากว่าการสั่งซื้อจากต่างประเทศ	4.60	ดีมาก
	รวมค่าเฉลี่ย	**4.88**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นเกี่ยวกับการออกแบบชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง โดยมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.88 อยู่ในระดับดีมาก แสดงว่าชุดฝึกอบรมนี้มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ตารางที่ 2 การประเมินผลด้านการออกแบบชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

ข้อ	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย $(\overline{X})$	การแปลความหมาย
1	มีความเหมาะสมในการเป็นสื่อการเรียนการสอน	5.00	ดีมาก
2	มีความแข็งแรง ทนทาน สะดวกต่อการใช้งาน และการซ่อมบำรุง	5.00	ดีมาก
3	มีอุปกรณ์ครบถ้วน และครบถ้วนตามหลักวิศวกรรม	4.00	ดี
4	มีการจัดวางอุปกรณ์ได้เหมาะสมสะดวกต่อการจัดเก็บเคลื่อนย้ายได้สะดวก	4.80	ดีมาก
5	ประหยัด คุ้มค่ากว่าการสั่งซื้อจากต่างประเทศ	4.20	ดีมาก
	รวมค่าเฉลี่ย	**4.60**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 2 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นเกี่ยวกับการออกแบบชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติโดยมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.60 อยู่ในระดับดีมาก แสดงว่าชุดฝึกอบรมนี้มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ตารางที่ 3 การประเมินผลด้านการออกแบบชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ

ข้อ	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย $(\overline{X})$	การแปลความหมาย
1	มีความเหมาะสมในการเป็นสื่อการเรียนการสอน	5.00	ดีมาก
2	มีความแข็งแรง ทนทาน สะดวกต่อการใช้งาน และการซ่อมบำรุง	5.00	ดีมาก
3	มีอุปกรณ์ครบถ้วน และครบถ้วนตามหลักวิศวกรรม	5.00	ดีมาก
4	มีการจัดวางอุปกรณ์ได้เหมาะสมสะดวกต่อการจัดเก็บเคลื่อนย้ายได้สะดวก	5.00	ดีมาก
5	ประหยัด คุ้มค่ากว่าการสั่งซื้อจากต่างประเทศ	5.00	ดีมาก
	รวมค่าเฉลี่ย	**5.00**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นเกี่ยวกับการออกแบบชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ โดยมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 5.00 อยู่ในระดับดีมาก แสดงว่าชุดฝึกอบรมนี้มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ตารางที่ 4 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติ ขั้นการทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

ชุดฝึกอบรม	N	E_1	E_2	E_1/E_2
1. ระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง	30	85.31	81.95	85.31/81.95
2. ระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ	30	91.79	85.26	91.79/85.26
3. ระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ	30	89.54	82.41	89.54/82.41

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมซึ่งเป็นค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน (E_1) และประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมซึ่งเป็นค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน (E_2) ขั้นการทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างของ ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง มีค่าเท่ากับ 85.31/81.95 ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ มีค่าเท่ากับ 91.79/85.26 และชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ 89.54/82.41 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

ตารางที่ 5 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติ ขั้นการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ชุดฝึกอบรม	N	E_1	E_2	E_1/E_2
1. ระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง	30	88.53	81.11	88.53/81.11
2. ระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ	30	92.34	84.89	92.34/84.89
3. ระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ	30	95.68	85.34	95.68/85.34

จากตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมซึ่งเป็นค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน (E_1) และประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมซึ่งเป็นค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน (E_2) ขั้นการทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างของชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง มีค่าเท่ากับ 88.53/81.11 ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ มีค่าเท่ากับ 92.34/84.89 และชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ 95.68/85.34 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง

การทดลอง	N	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	t
ก่อนศึกษาด้วยชุดฝึกอบรม	30	30	10.62	8.93	11.612
หลังศึกษาด้วยชุดฝึกอบรม	30	30	23.18	2.59	

** $P \leq 0.05$

จากตารางที่ 6 พบว่า คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยหลังศึกษาด้วยชุดฝึกอบรม $(\overline{X} = 23.18, S.D. = 2.59)$ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนศึกษาด้วยชุดฝึกอบรม $(\overline{X} = 10.92, S.D. = 8.93)$ สรุปได้ว่าชุดฝึกอบรมมีประสิทธิภาพสามารถทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น และสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้จริง

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

การทดลอง	N	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	t
ก่อนศึกษาด้วยชุดฝึกอบรม	30	30	15.17	6.62	8.454
หลังศึกษาด้วยชุดฝึกอบรม	30	30	26.30	2.07	

** $P \leq 0.05$

จากตารางที่ 7 พบว่า คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยหลังศึกษาด้วยชุดฝึกอบรม $(\overline{X} = 26.30, S.D. = 2.07)$ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนศึกษาด้วยชุดฝึกอบรม $(\overline{X} = 15.17, S.D. = 6.62)$ สรุปได้ว่าชุดฝึกอบรมมีประสิทธิภาพสามารถทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น และสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้จริง

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ

การทดลอง	N	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	t
ก่อนศึกษาด้วยชุดฝึกอบรม	30	30	14.89	7.18	10.086
หลังศึกษาด้วยชุดฝึกอบรม	30	30	25.31	2.54	

** $P \leq 0.05$

จากตารางที่ 8 พบว่า คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยหลังศึกษาด้วยชุดฝึกอบรม ($\overline{X} = 25.31, S.D. = 2.54$) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนศึกษาด้วยชุดฝึกอบรม ($\overline{X} = 14.89, S.D. = 7.18$) สรุปได้ว่าชุดฝึกอบรมมีประสิทธิภาพสามารถทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น และสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้จริง

ตารางที่ 9 แสดงความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ข้อ	รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	การแปลผล
1	ชุดฝึกอบรมสามารถทำให้เรียนรู้ระบบควบคุมอัตโนมัติทางกลได้เข้าใจดียิ่งขึ้น	4.85	0.28	ดีมาก
2	การจัดลำดับเนื้อหามีความต่อเนื่องเข้าใจง่าย	4.92	0.16	ดีมาก
3	ชุดฝึกอบรมทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้	4.61	0.54	ดีมาก
4	ชุดฝึกอบรมทำให้ผู้เรียนการฝึกอบรมสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง	4.56	0.69	ดีมาก
5	ชุดฝึกอบรมทำให้ผู้เรียนมีทักษะ ในการออกแบบและคำนวณระบบควบคุมอัตโนมัติ	4.84	0.42	ดีมาก
6	ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตประจำวัน	5.00	0.00	ดีมาก
	ค่าเฉลี่ยรวม	**4.79**	**0.34**	**ดีมาก**

ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมีค่าเฉลี่ยรวม 4.79 อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และ 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ระเบียบวิธีวิจัยเป็นแบบการวิจัยเชิงวิจัยและพัฒนา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต หลักสูตรอุตสาหกรรมบัณฑิต ชั้นปีที่ 3 สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ปีการศึกษา 2557 จำนวน 30 คน ด้วยการสุ่มแบบเป็นระบบ (Systematic sampling) ด้วยการทดสอบใช้ชุดฝึกอบรม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 1) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และ 2) ใบงาน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบแบบที ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล และการวิจัยสรุปผลได้ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย

1) ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นเกี่ยวกับการออกแบบชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง โดยมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.88 อยู่ในระดับดีมาก แสดงว่าชุดฝึกอบรมนี้มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้

2) ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นเกี่ยวกับการออกแบบชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ โดยมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.60 อยู่ในระดับดีมาก แสดงว่าชุดฝึกอบรมนี้มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้

3) ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นเกี่ยวกับการออกแบบชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ โดยมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 5.00 อยู่ในระดับดีมาก แสดงว่าชุดฝึกอบรมนี้มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้

4) ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมซึ่งเป็นค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน (E_1) และประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมซึ่งเป็นค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน (E_2) ขั้นการทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างของ ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-

สปริง มีค่าเท่ากับ 85.31/81.95 ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ มีค่าเท่ากับ 91.79/85.26 และชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ 89.54/82.41 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

5) ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมซึ่งเป็นค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน (E_1) และประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมซึ่งเป็นค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน (E_2) ขั้นการทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างของ ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง มีค่าเท่ากับ 88.53/81.11 ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ มีค่าเท่ากับ 92.34/84.89 และชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ 95.68/85.34 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

6) คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยหลังศึกษาด้วยชุดฝึกอบรม ($\bar{X} = 23.18, S.D. = 2.59$) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนศึกษาด้วยชุดฝึกอบรม ($\bar{X} = 10.92, S.D. = 8.93$) สรุปได้ว่าชุดฝึกอบรมมีประสิทธิภาพสามารถทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น และสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้จริง

7) คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยหลังศึกษาด้วยชุดฝึกอบรม ($\bar{X} = 26.30, S.D. = 2.07$) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนศึกษาด้วยชุดฝึกอบรม ($\bar{X} = 15.17, S.D. = 6.62$) สรุปได้ว่าชุดฝึกอบรมมีประสิทธิภาพสามารถทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น และสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้จริง

8) คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยหลังศึกษาด้วยชุดฝึกอบรม ($\bar{X} = 25.31, S.D. = 2.54$) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนศึกษาด้วยชุดฝึกอบรม ($\bar{X} = 14.89, S.D. = 7.18$) สรุปได้ว่าชุดฝึกอบรมมีประสิทธิภาพสามารถทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น และสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้จริง

9) ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมีค่าเฉลี่ยรวม 4.79 อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

2. อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มีประเด็นที่นำมาอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมซึ่งเป็นค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน (E_1) และประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมซึ่งเป็นค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน (E_2) ขั้น

การทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างของ ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง มีค่าเท่ากับ 88.53/81.11 ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ มีค่าเท่ากับ 92.34/84.89 และชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ 95.68/85.34 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 นั้นสอดคล้องกับงานวิจัยของสุรัตน์ ธัญญะภูมิ และกฤษณะ ศรีมาวรรณ์ (2552) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำด้วยวิธีการควบคุมแบบพีไอดีและฟัซซี โดยใช้โปรแกรม LabVIEW เพื่อใช้เป็นสื่อการสอนในภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ โดยส่งคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC) เพื่อประมวลผลตามโปรแกรมโดยการควบคุมระดับน้ำใช้เซนเซอร์ความดัน (Pressure Sensor) สำหรับการป้อนกลับให้ระดับน้ำทำงานตามคำสั่งที่ได้รับและแสดงผลขึ้นที่หน้าจอโปรแกรม LabVIEW ผลการทดลองพบว่า ชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำสามารถแสดงผลได้ถูกต้องตามทฤษฎี และผลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านอยู่ในเกณฑ์ดี ที่ค่าเฉลี่ยรวม 3.54 เป็นข้อค้นพบว่า

ชุดฝึกอบรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ที่สูงขึ้น สอดคล้องกับ Sudsomboon (2011) ที่กล่าวว่าโปรแกรม LabVIEW สามารถจำลองระบบควบคุมให้เห็นฟังก์ชั่นการทำงานและผู้เรียนสามารถฝึกปฏิบัติต่อวงจรได้ตามรูปแบบที่กำหนด ตลอดจนมีการรายงานผลแบบ real-time ซึ่งเป็นการสร้างแรงจูงใจในการเรียนและต้องการศึกษาด้วยตนเองเพิ่มขึ้น

2. คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ และชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับอุดม ศักดิ์ สมภักดี และณัฐชัย ชุ่มประดิษฐ์ (2556) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การควบคุมหุ่นยนต์ล้อเคลื่อนที่หลายทิศทาง และ สุวิทย์ อ่วมคง (2555) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาไฟฟ้าในชีวิตประจำวันชีวิตประจำวัน โดยผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยเฉพาะชิ้นส่วนแมคคาทรอนิกส์ ได้แก่ เซ็นเซอร์ อุปกรณ์การวัดและประมวลผลข้อมูล และ อุปกรร์การทำงาน โดยผู้เรียนมีความเข้าใจสัญญาณย้อนกลับ (Feedback) โดยการควบคุมแบบพี (P Controller) และการควบคุมแบบพีไอ (PI Controller) โดยสัญญาณย้อนกลับของระบบจะส่งผลต่อการควบคุมจากโปรแกรม LabVIEW ด้วยการควบคุมแบบ PID (Sudsomboon & Muangmungkhun, 2013; Sudsomboon, 2013)

3. ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมีค่าเฉลี่ยรวม 4.79 อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด เป็นผลการวิจัยที่ยืนยันว่างานวิจัยครั้งนี้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม

3. ข้อเสนอแนะ

1. ควรจัดการเรียนการสอนโดยให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการวิจัย และการสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติที่สอดคล้องกับความต้องการของชุมชนและท้องถิ่น

2. ควรจัดการฝึกอบรมร่วมกับสถานประกอบการ องค์กรวิชาชีพ ชุมชน/ท้องถิ่น และมีการจัดศึกษาดูงานเฉพาะทางในสาขาวิชาชีพนั้นๆ อย่างต่อเนื่อง

3) ควรต่อยอดงานวิจัยร่วมกับสถานประกอบการทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ ตลอดจนองค์กรวิชาชีพ ชุมชน/ท้องถิ่น

4. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรนำชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมกลุ่มอื่นๆ ในบริบทที่หลากหลายของระบบควบคุมทางกล เช่น ระบบนิวแมติกส์ ระบบไฮดรอลิกส์ ระบบแมคคาทรอนิกส์ยานยนต์ ให้กับ นักศึกษาในสถาบันการอาชีวศึกษา แล้วนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบเพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม

2. ควรมีการศึกษาผลของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ผ่านการฝึกด้วยชุดฝึกอบรมนี้แล้วสามารถนำความรู้ ทักษะ และเจตคติที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการต่อยอดการเรียนรู้เป็นอย่างไรบ้าง เพื่อเป็นการประเมินผลสัมฤทธิ์อย่างต่อเนื่อง

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กฤษณะ รถมณี และวศิน รุ่งวิตรี (2556). **การพัฒนาระบบไฮดรอลิกส์ให้มีการทำงานแบบมอเตอร์ขับตรงที่ปั๊มไฮดรอลิกส์แบบสองทางเพื่อลดการใช้วาล์วควบคุมทิศทาง.** ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). **การวิจัยเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์ และบุญส่ง เหมวัฒน์. (2555). The Development of Automotive Mechatronic Systems Training Strategy for Enhancing Problem Solving Skills within Current Situation. **วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)**, 4 (8), 51-69.

ราชันย์ ไชยหาญ (2554). **ชุดควบคุมไฮบริดแบบฟัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซีสำหรับระบบเซอร์โวไฮดรอลิค.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. (2555). **การจัดทำยุทธศาสตร์การผลิตและพัฒนากำลังคนให้สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม.** สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2557, จากเว็บไซต์[Online Available]: http://www.oie.go.th/academic

สุวิทย์ อ่วมคง (2555). **การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาไฟฟ้าในชีวิตประจำวันชีวิตประจำวัน.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุรัตน์ ธัญญะภูมิ และกฤษณะ ศรีมาวรรณ์ (2552). **การสร้างชุดสาธิตการควบคุมระดับน้ำด้วยวิธีการควบคุมแบบพีไอดีและฟัซซี โดยใช้โปรแกรม LabVIEW.** ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

อุดมศักดิ์ สมภักดี และณัฐชัย ชุ่มประดิษฐ์ (2556). **การควบคุมหุ่นยนต์ล้อเคลื่อนที่หลายทิศทาง.** ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ภาษาอังกฤษ

Fraenkel, J. R. (1993). **How to Design and Evaluate Research in Education**. Singapore : McGraw-Hill Inc.,

Nise, N. S. (2000). Control Systems Engineering. 3rd ed., NY: John Wiley & Sons.

Ogata, K. (2004). **System dynamics**. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.

Rowell, D. and Wormley, D. N. (1998). **System Dynamics: An Introduction.** New Jersey: Prentice Hall.

Sudsomboon, W. (2011). Effects of a Computer-Based Concept-Mapping: The Learning Innovation in Industrial Education. **Technical Education Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok**, 2 (2): 11-19.

Sudsomboon, W. and Maungmungkun, T. 2013. Integrating Case-Based Reasoning Approach in an Undergraduate Industrial Technology Research Course. In the 6th Intemational Conference on Educational Reform (ICER 2013). February 23-24. Sokha Angkor Resort. Siem Reap. Cambodia. pp. 220-226.

Sudsomboon, W. 2013. Applying Case-Based Reasoning to Teach Analysis of Non-Holonomic Mechanical Systems. In the 3rd Intemational Conference on Sciences and Social Sciences (ICSSS 2013). July 18-19. Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham, Thailand. pp. 17-25.

Vu, H. V., Esfandiari, R. S. (1998). **Dynamic Systems: Modeling and Analysis**, McGraw-Hill.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ

ที่ ศธ ๐๕๕๗.๐๗/๖๐๒๑

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
๑ หมู่ที่ ๔ ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมือง
จังหวัดนครศรีธรรมราช ๘๐๒๘๐

๓๐ มกราคม ๒๕๕๘

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติ

เรียน คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติ จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วยดร.วีระยุทธ สุดสมบูรณ์ อาจารย์ และเลขานุการบัณฑิตศึกษา สังกัดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ได้รับการอนุมัติให้ทำการวิจัยเรื่อง "การพัฒนาชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม"

ในการนี้คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช มีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ลือสำราญ สังกัดสาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถ มีประสบการณ์ และความเชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ได้โปรดประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติเพื่อการวิจัยที่แนบมาพร้อมหนังสือฉบับนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวธนาภรณ์ เมืองมุงคุณ)
คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

สำนักงานคณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
โทรศัพท์ ๐ ๗๕๓๗ ๗๔๓๙
โทรสาร ๐ ๗๕๓๗ ๗๔๓๙
http://techno.nstru.ac.th

ที่ ศธ ๐๕๕๗.๐๗/๗๐๒๑

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
๑ หมู่ที่ ๔ ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมือง
จังหวัดนครศรีธรรมราช ๘๐๒๘๐

๓๐ มกราคม ๒๕๕๘

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติ

เรียน ดร.วีรพล ปานศรีนวล

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติ จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วยดร.วีระยุทธ สุคสมบูรณ์ อาจารย์ และเลขานุการบัณฑิตศึกษา สังกัดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ได้รับการอนุมัติให้ทำการวิจัยเรื่อง "การพัฒนาชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม"

ในการนี้คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช มีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่าน ดร.วีรพล ปานศรีนวล สังกัดสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ซึ่งท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถ มีประสบการณ์ และความเชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ได้โปรดประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติเพื่อการวิจัยที่แนบมาพร้อมหนังสือฉบับนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวธนาภรณ์ เมืองมุงคุณ)
คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

สำนักงานคณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
โทรศัพท์ ๐ ๗๕๓๗ ๗๔๓๙
โทรสาร ๐ ๗๕๓๗ ๗๕๓๙
http://techno.nstru.ac.th

ที่ ศธ ๐๕๕๗.๐๗/๖๐๒๑

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
๑ หมู่ที่ ๔ ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมือง
จังหวัดนครศรีธรรมราช ๘๐๒๘๐

๓๐ มกราคม ๒๕๕๘

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติ

เรียน อาจารย์วิทยา วงษ์กลาง

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติ จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วยดร.วีระยุทธ สุดสมบูรณ์ อาจารย์ และเลขานุการบัณฑิตศึกษา สังกัดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ได้รับการอนุมัติให้ทำการวิจัยเรื่อง "การพัฒนาชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม"

ในการนี้คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช มีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่าน ดร.วีรพล ปานศรีนวล สังกัดสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ซึ่งท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถ มีประสบการณ์และความเชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ได้โปรดประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติเพื่อการวิจัยที่แนบมาพร้อมหนังสือฉบับนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

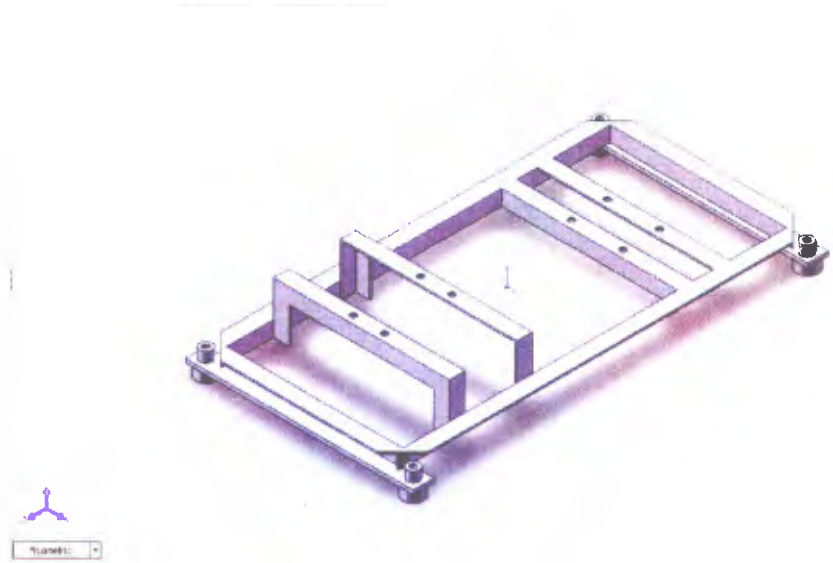
ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวธนาภรณ์ เมืองมุงคุณ)
คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

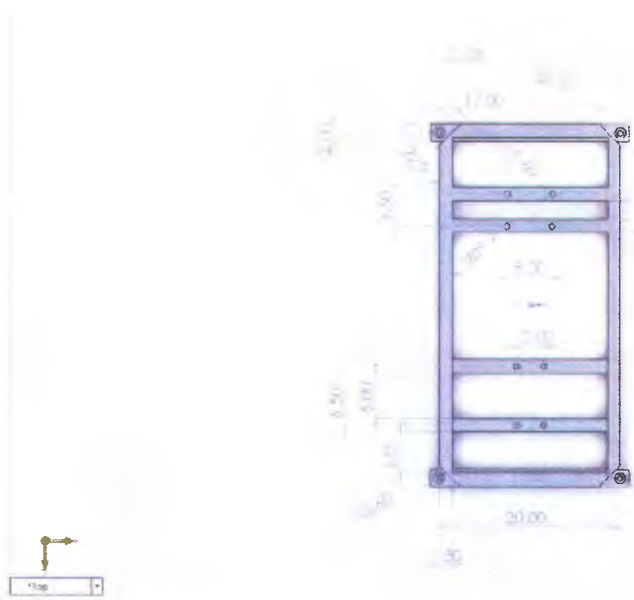
สำนักงานคณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
โทรศัพท์ ๐ ๗๕๓๗ ๗๔๓๙
โทรสาร ๐ ๗๕๓๗ ๗๔๓๙
http://techno.nstru.ac.th

ภาคผนวก ข

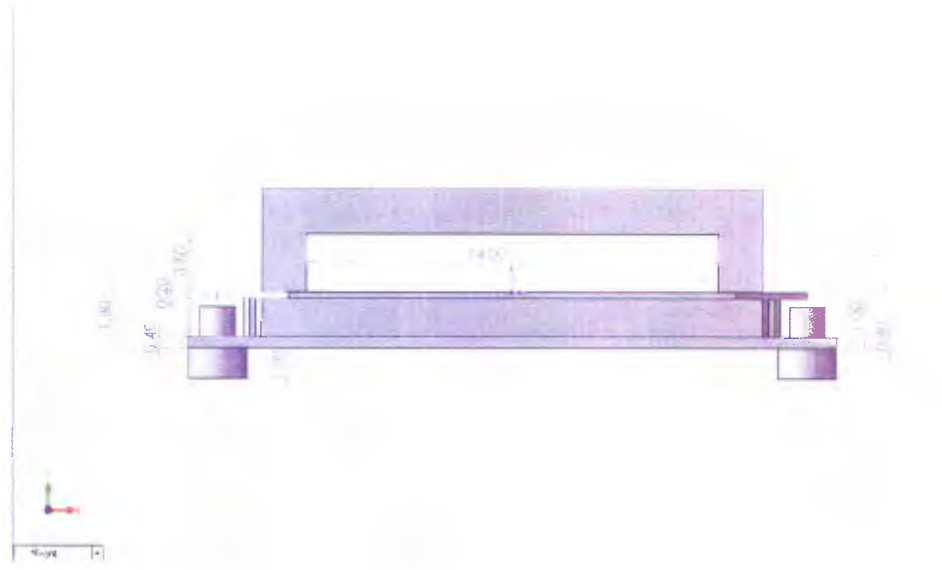
ภาพการออกแบบชุดฝึกอบรมที่ใช้ในการวิจัย



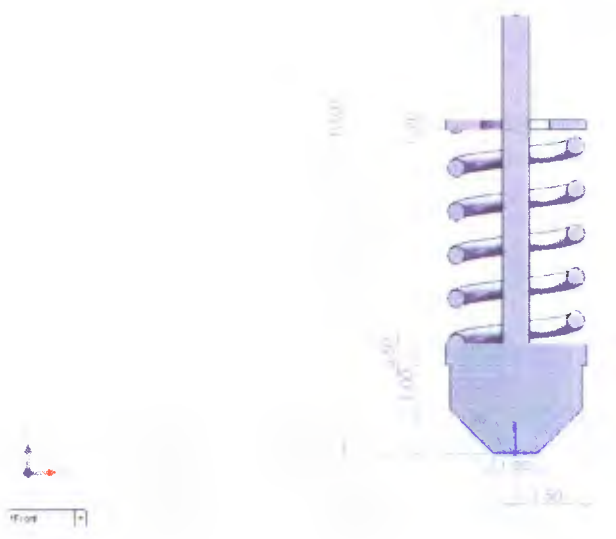
ภาพที่ ข.1 โครงสร้างชุดฝึกอบรมระบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง



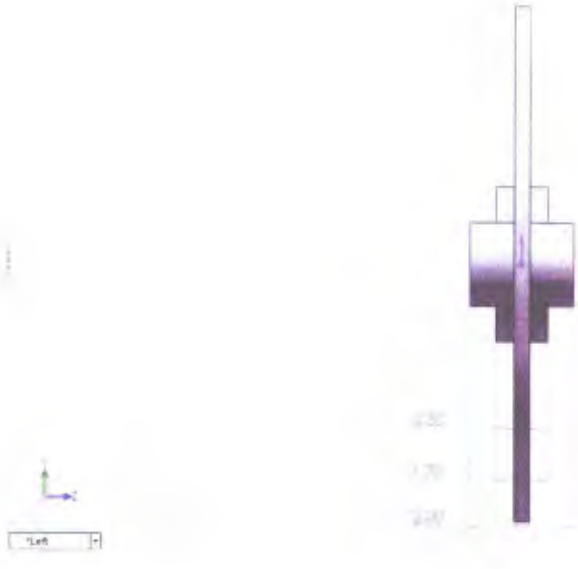
ภาพที่ ข.2 การกำหนดมิติโครงสร้างชุดฝึกอบรมระบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง



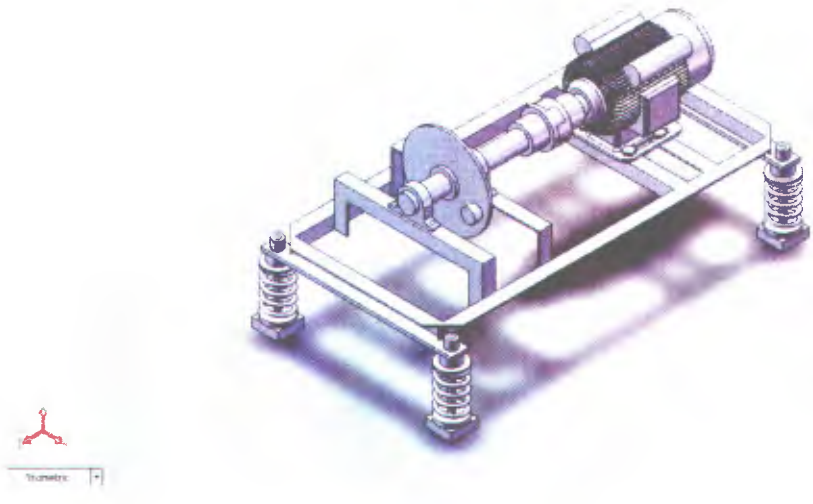
ภาพที่ ข.3 ภาพด้านหน้าชุดฝึกอบรมระบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง



ภาพที่ ข.4 สปริง



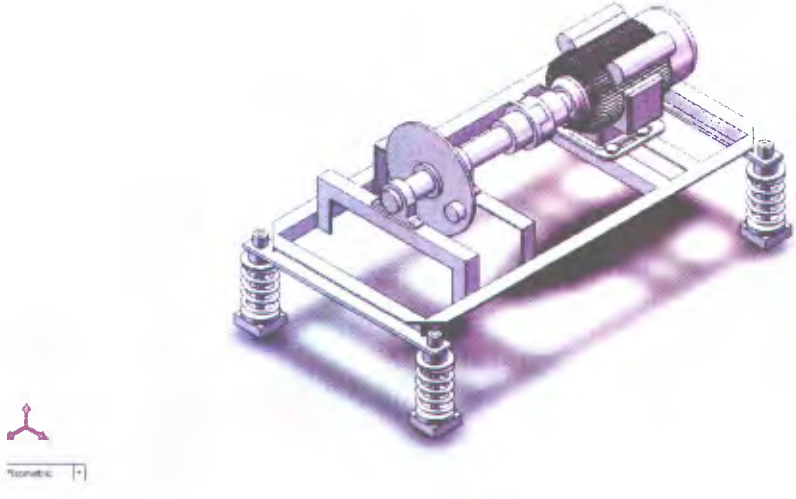
ภาพที่ ข.5 มวล



ภาพที่ ข.6 ชุดฝึกอบรมระบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง ที่สมบูรณ์

ขั้นตอนการคำนวณเพื่อออกแบบและสร้างชุดฝึกอบรมระบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง

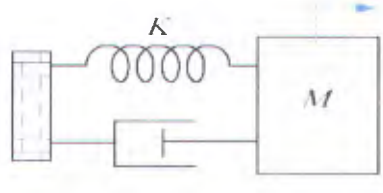
1. Consider the mechanical system shown in below. An experimental Bode diagram for this system is shown in below. The ordinate of the magnitude curve is the amplitude ratio of the output and input measured in dB, that is, $|X(j\omega)/P(j\omega)|$ dB. The dimension of $|X(j\omega)/P(j\omega)|$ is m/N. The phase angle is $\angle X(j\omega)/P(j\omega)$ in degrees.

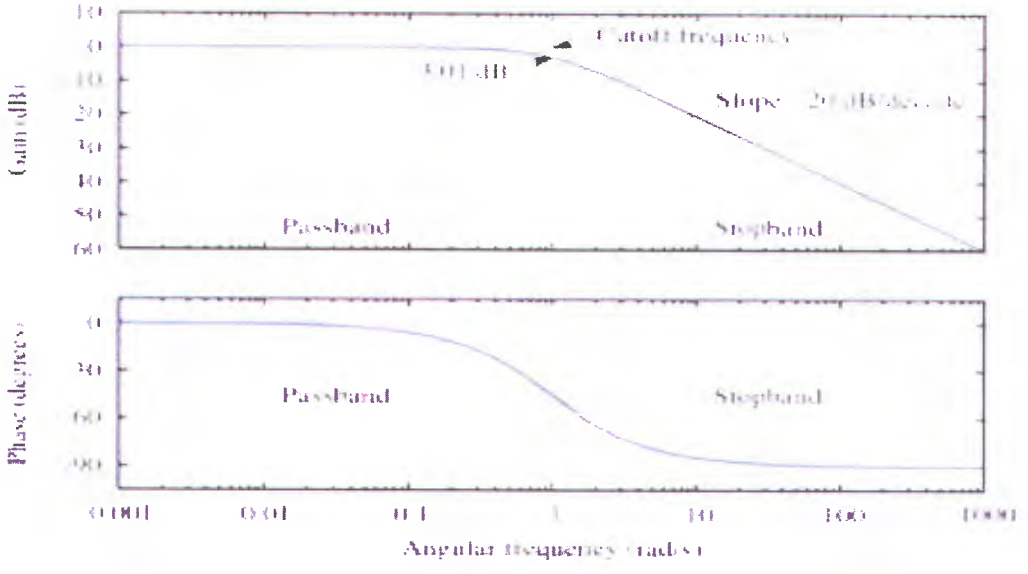


The input is a sinusoidal force of the form

$$f(t) = F\sin\omega t$$

where F the amplitude of the sinusoidal input force and the input frequency is is varied from 0.01 to 100 rad/s. The displacement x is measured from the equilibrium position before the sinusoidal force is applied.





Solution

The system equation is

$$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = f(t) = F\sin\omega t$$

Taking Laplace transform is

$$(ms^2 + bs + kx)X(s) = F(s)$$

Find the transfer function is

$$G(s) = \frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{ms^2 + bs + k}$$

This mechanical system possesses poles only in the left-half s plane is a *minimum-phase system.*

The sinusoidal transfer function is

$$\frac{X(j\omega)}{F(j\omega)} = \frac{1}{m(j\omega)^2 + bj\omega + k}$$

From the Bode diagram is

$$\frac{X(j0+)}{F(j0+)} = -26\,\text{dB}$$

Hence

$$\frac{X(j0+)}{F(j0+)} = \frac{1}{k} = -26\,\text{dB} = 0.0501$$

$$k = 19.96\ \text{N/m}\ \ \omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} = 3.2\,\text{rad/s}$$

Thus

$$m = \frac{k}{\omega_n^{\,2}} = \frac{19.96}{10.24} = 1.949\,\text{kg}$$

Find the damping ratio ξ. Check from the Bode diagram of the standard second-order system $\xi = 0.32$.

$$\frac{b}{m} = 2\xi\omega_n$$

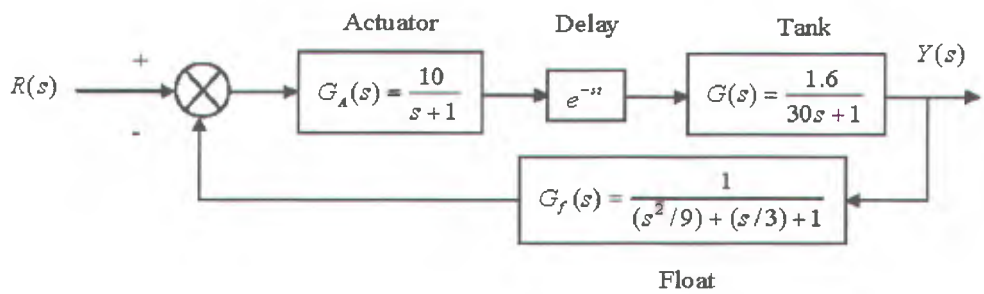
$$b = 2\xi\omega_n m = 2\times 0.32\times 3.2\times 1.949 = 3.992\,\text{N-s/m}$$

Summarizes:

$$m = 1.949\,\text{kg},\quad b = 3.992\,\text{N-s/m},\quad k = 19.96\,\text{N/m}$$

ขั้นตอนการคำนวณเพื่อออกแบบและสร้างชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

2. A level control system is shown in the block diagram.



The time delay between the valve adjustment and the fluid output is $T = d/v$. Therefore if the flow rate is 5 m^3/s, the cross-sectional area of the pipe is 1 m^2, and the distance is equal to 5 m, a time delay T = 1 second. The closed-loop transfer function is

$$GH(s) = G_A(s)G(s)G_f(s)e^{-st}$$
$$= \frac{16}{(s+1)(30s+1)[(s^2/9)+(s/3)+1]}e^{-st}$$

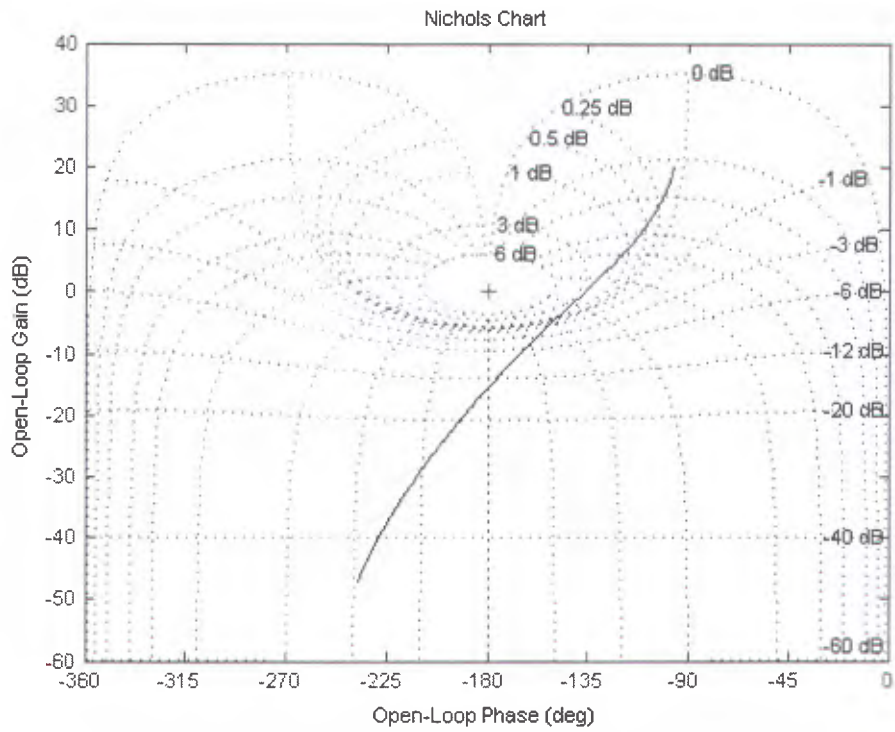
Solution

เขียนโปรแกรม MATLAB ได้ในเทอมผลการตอบสนองเชิงความถี่

$$G(j\omega) = \frac{1}{j\omega(j\omega+1)(0.2j\omega+1)}$$

```
>> num=[1]; den=[0.2 1.2 1 0];
>> sys=tf(num,den);
>> w=logspace(-1,1,400);
>> nichols(sys,w);
>> ngrid
```

เขียน Nichols chart ได้



นำสมการในข้อที่ 6.1 แทนค่าใน Transfer function ของระบบได้

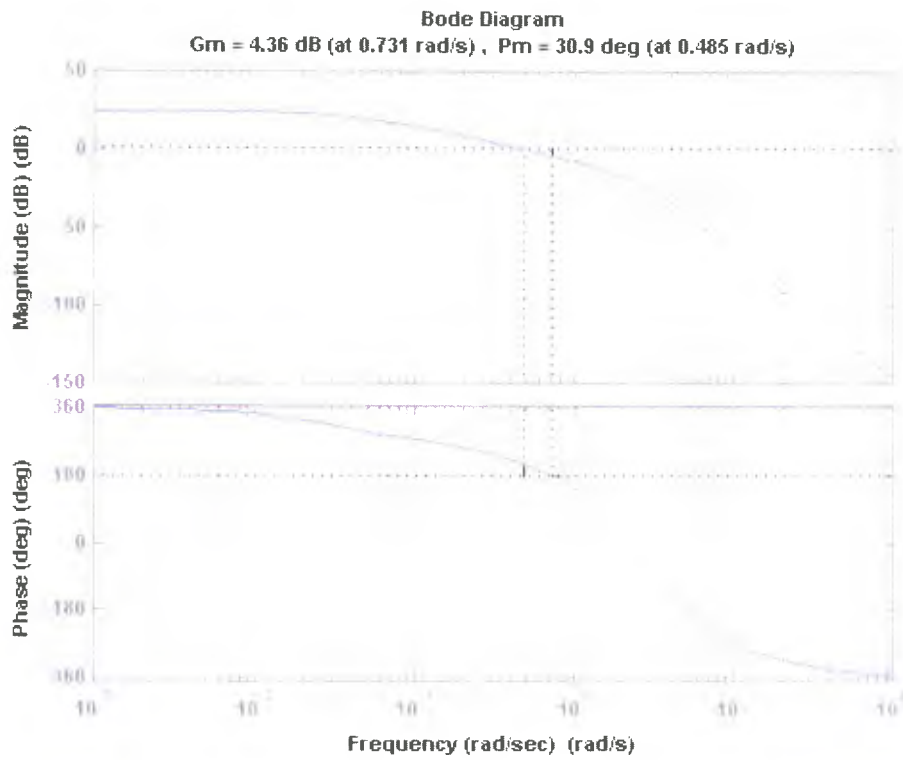
$$GH(s) = \frac{16(s^2 - 6S + 12)}{(s+1)(30s+1)(s^2/9 + s/3 + 1)(s^2 + 6s + 12)}$$

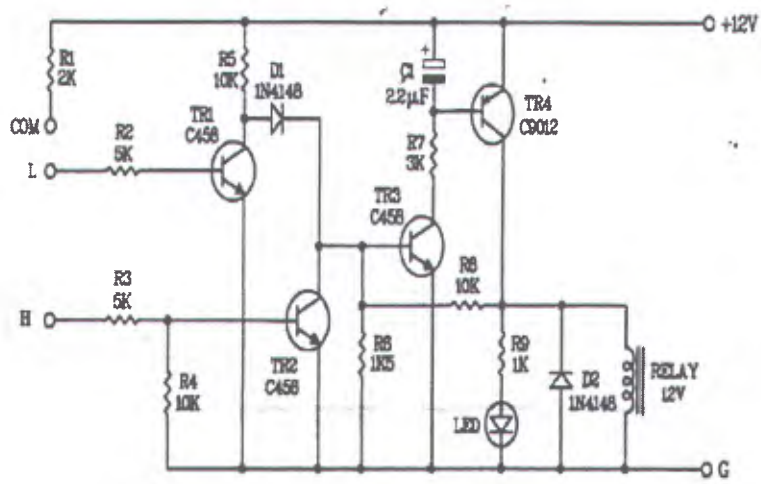
$$K = 16$$

เขียนโปรแกรม MATLAB ได้

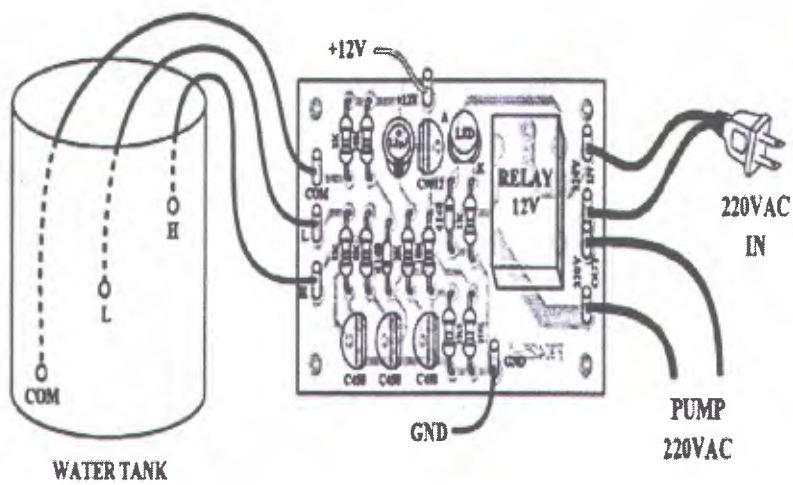
```
>> [np,dp]=pade(1,2);
>> sys=tf(np,dp);
>> num=16;
>> d1=[1 1];d2=[30 1];d3=[1/9 1/3 1];
>> den=conv(d1,conv(d2,d3));
```

```
>> sysg=tf(num,den);
>> margin(sys);
```



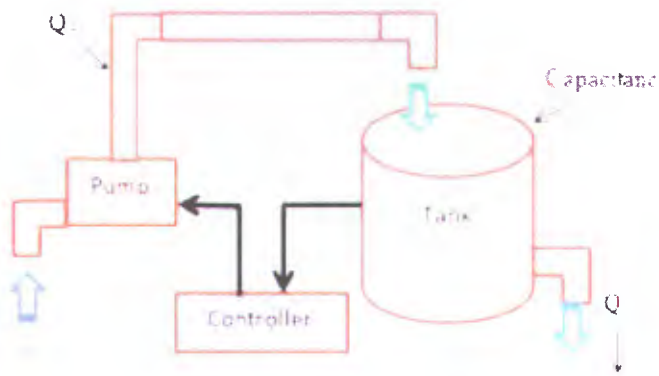


ภาพที่ ข.7 การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

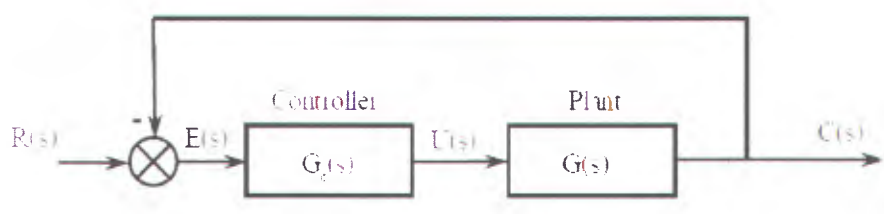


ภาพที่ ข.8 การจัดวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

จากชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัตินำมาเขียนเป็นรูปส่วนประกอบของระบบ ดังภาพที่ ข.9 และ Block Diagram ดังภาพที่ ข.10



ภาพที่ ข.9 ส่วนประกอบของระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ ข.10 Block Diagram ของระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

กำหนดให้

ให้อัตราการไหลของน้ำ $= 4\times10^{-4}\ m^3/s$

ขนาดของถังน้ำ $= 45cm.$

$$At(t) = 0$$

$$= 0.02m^2$$

$$Q = K\sqrt{H}$$

$$4\times10^{-4}\ m^3/s = K\sqrt{45cm.}$$

$$K = 4\times10^{-4}\ m^3/s\sqrt{45}$$

$$K = 2.68 \times 10^{-4} m.$$

$$K = 2.68mm.$$

Steady state ที่ $4.5 \times 10^{-4}\ m^3/s$

$$4.5 \times 10^{-4}\ m^3 \Big/ s = \frac{4 \times 10^{-4}}{s\sqrt{H}} m^3$$

$$\sqrt{H} = \frac{4.5 \times 10^{-4}\ m^3/s}{4 \times 10^{-4}\ m^3/s}$$

$$H = (1.125)^2$$

$$H = (1.1265)^2$$

จุดการเปลี่ยนแปลง $1.265 - 0.45 = 0.815m.$

$$R = \frac{dH}{dQ} = 0.815m. \Big/ 4.5 \times 10^{-4m.} = 0.1988 \times 10^{-3}\ s/m^3$$

$$2\sqrt{H}(1.125 - 2.25) = 2\sqrt{1.125} - 2\sqrt{2.25} = -0.005t.$$

$$CdH = (qi - qo)$$

$$C\frac{dh}{dt} = qi - qo$$

$$R = \frac{h}{qo}$$

$$C\frac{dh}{dt} = qi - \frac{h}{R}$$

$$RC\frac{dh}{dt} + h = Rqi$$

$$R = 0.1998 \times 10^{-3}\ s/m^2, C = 0.02m^2, qi = 0.5 \times 10^{-4}\ m^3/s$$

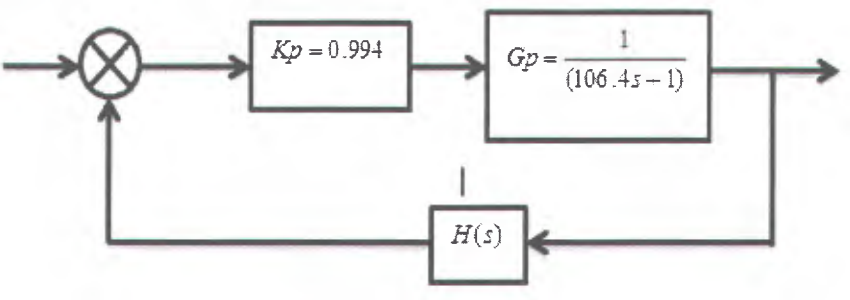
$$(0.1988 \times 10^{-3}\ s/m^2) \times 0.02m^2 \frac{dh}{dt} + h = (0.1988 \times 10^{-3}) \times (0.5 \times 10^{-4})$$

Laplace Transform

$$(106.4s+1)(H(s)) = \frac{0.994}{s}$$

$$H(s) = \frac{0.994}{(106.4s+1)} = 0.994 \times [\frac{1}{s} - \frac{1}{s+(1/106.4)}]$$

$$h(t) = 0.994(1 - e^{-106.4t})m.$$



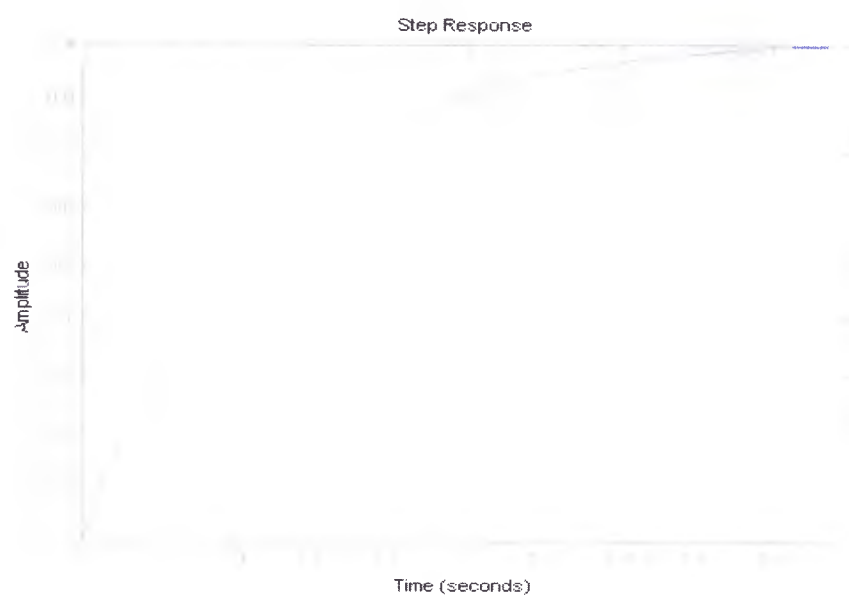
ภาพที่ ข.11 Blog Diagram ที่ได้จากการคำนวณ

นำมาเขียนโปรแกรม MATLAB ได้

```
>> num=[1];
>> den=[106.4 1];
>> step(num,den);grid
```

ค่าปรับแก้ที่ได้จากการคำนวณ

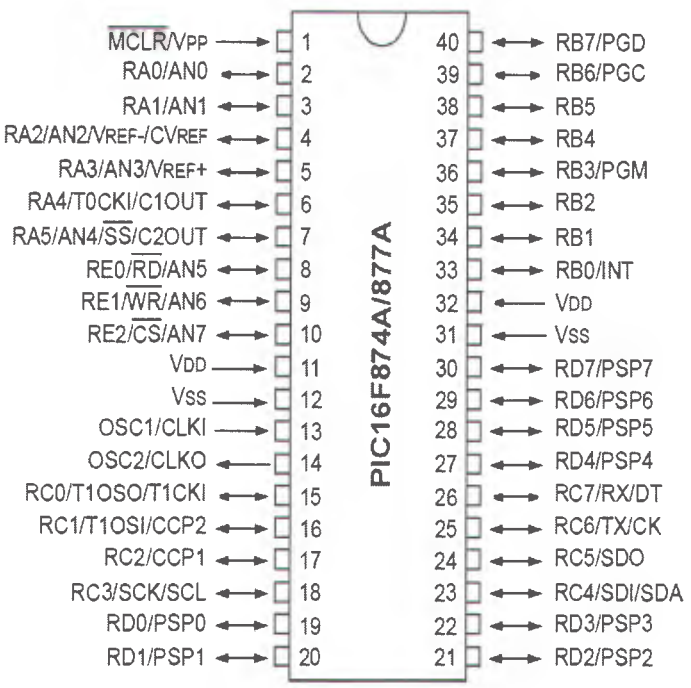
```
>> num=20;
>> den=[106.4 20];
>> step(num,den);grid
```



ขั้นตอนการออกแบบและสร้างชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ

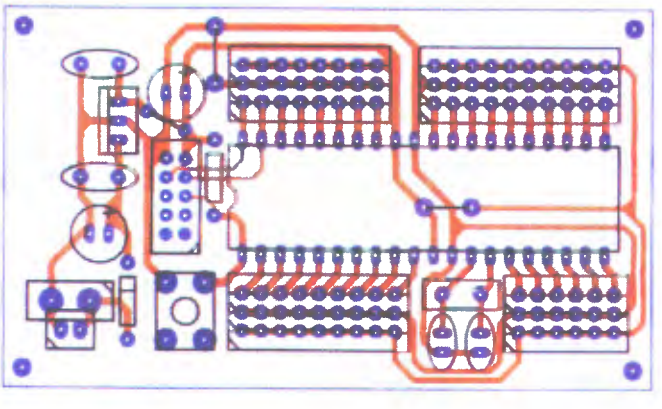
IC ที่ใช้งาน

PIC16F874A/877A

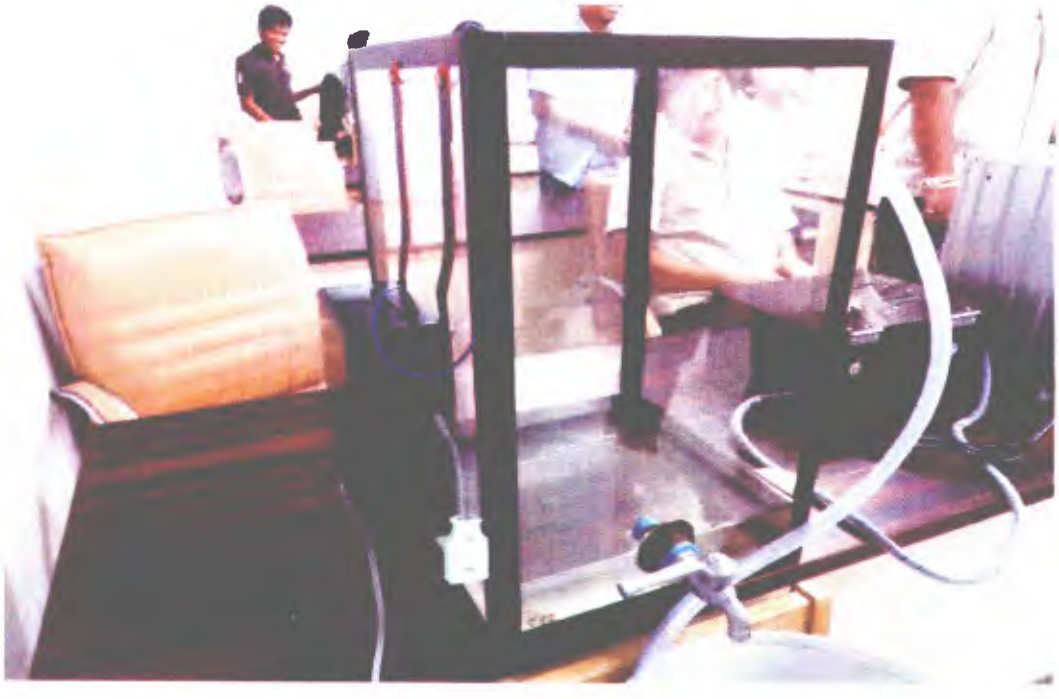


PIC16F874A/877A

วงจรประมวลผล

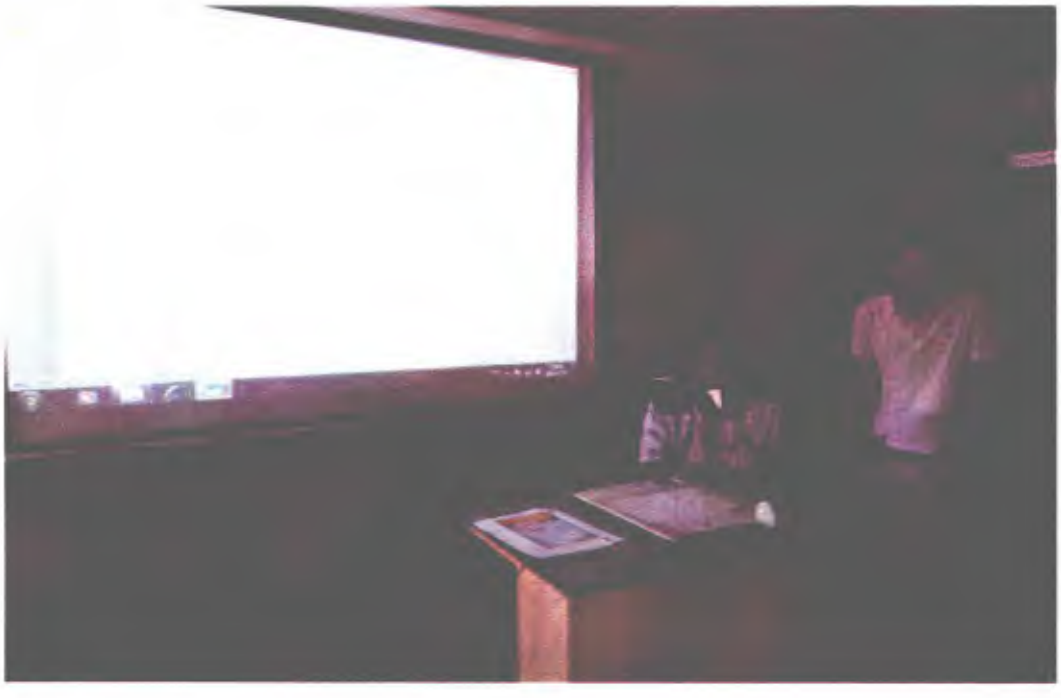


ภาคผนวก ค
ภาพชุดฝึกอบรมที่ใช้ในการวิจัย

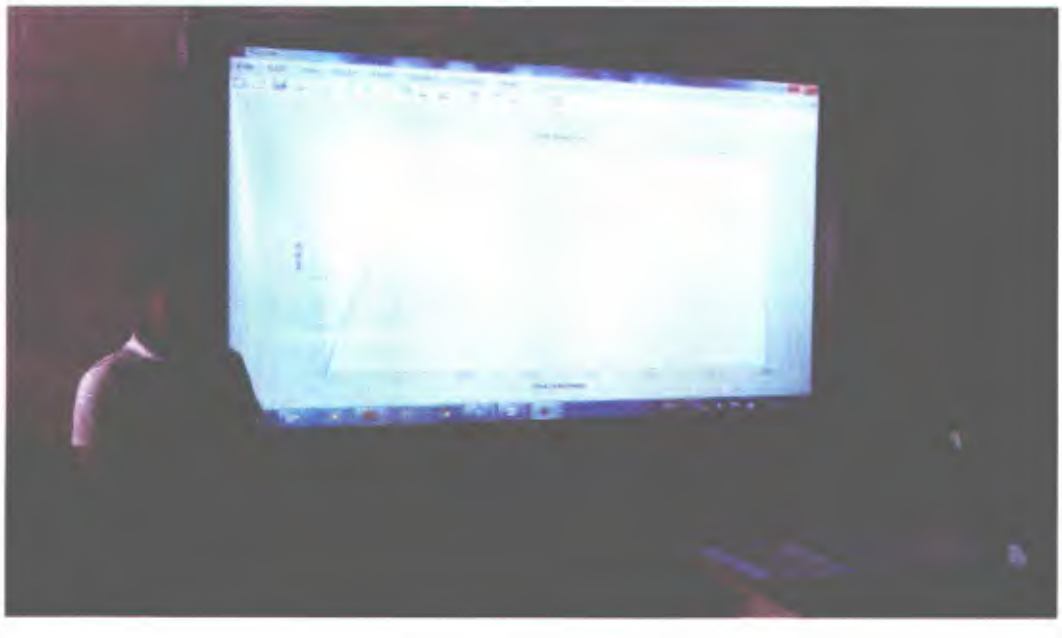


ภาพที่ ค.1 ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัย

ภาพที่ ค.2 ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัย



ภาพที่ ค.3 ผู้เรียนนำเสนอผลการทดลองระหว่างการฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ ค.4 ผู้เรียนปฏิบัติการใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อวิเคราะห์ค่าผลการตอบสนองเชิงความถี่ของชุดฝึกอบรมระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

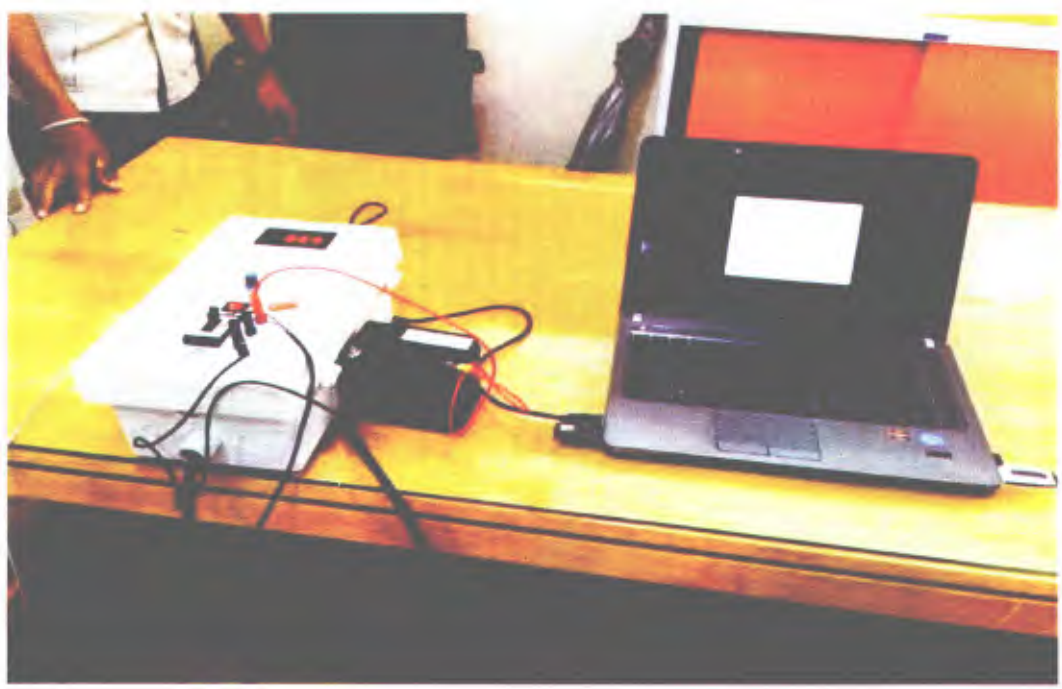
ภาพที่ ค.5 ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัย

ภาพที่ ค.6 ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัย

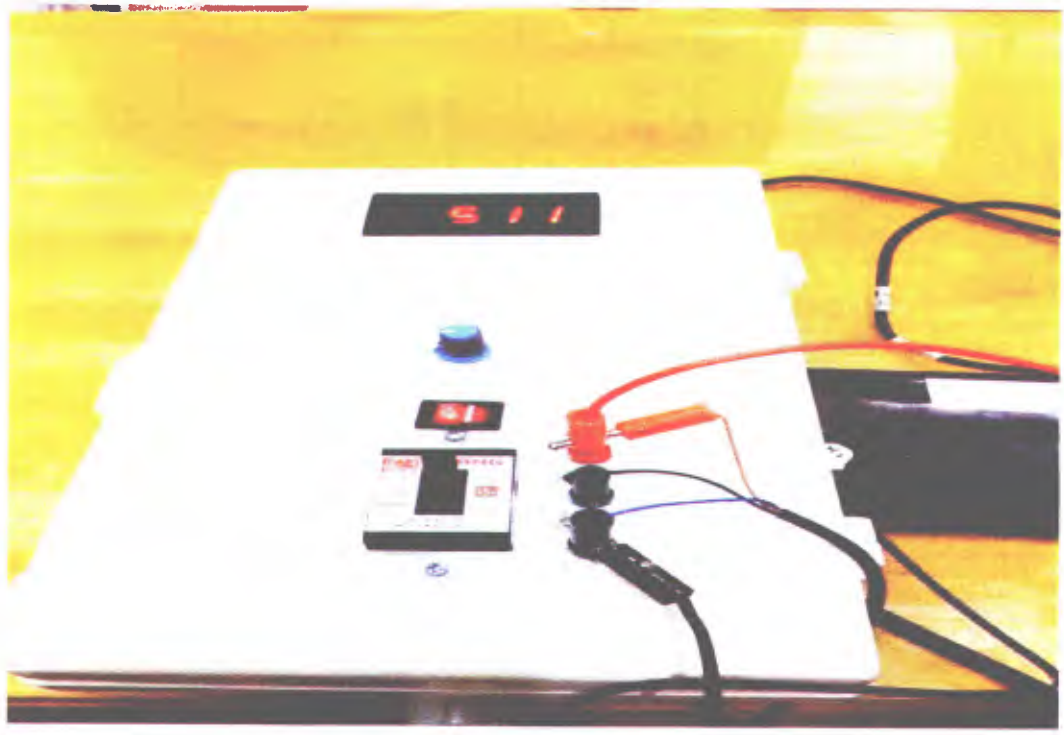
ภาพที่ ค.7 นักศึกษาที่เข้าร่วมการฝึกอบรม

ภาพที่ ค.8 นักศึกษาที่เข้าร่วมการฝึกอบรม

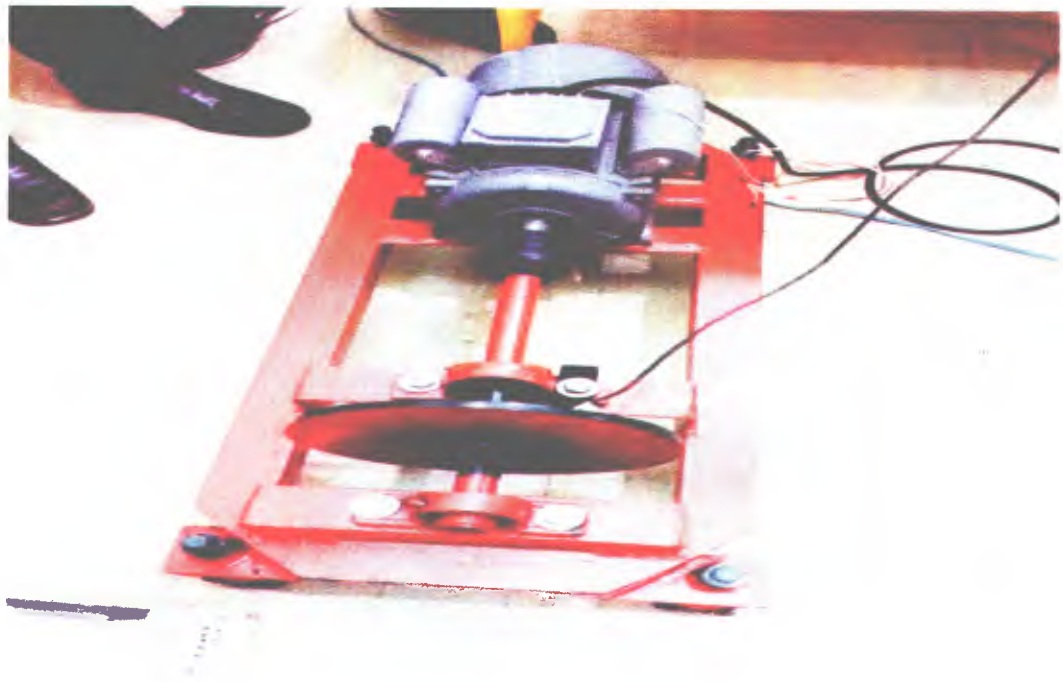
ภาพที่ ค.9 นักศึกษาที่เข้าร่วมการฝึกอบรมกับชุดฝึกอบรมระบบควบคุมมวล-ตัวหน่วง-สปริง



ภาพที่ ค.10 ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมมวล-ตัวหน่วง-สปริง



ภาพที่ ค.11 ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมมวล-ตัวหน่วง-สปริง



ภาพที่ ค.12 ชุดฝึกอบรมระบบควบคุมมวล-ตัวหน่วง-สปริง

ภาคผนวก ง
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

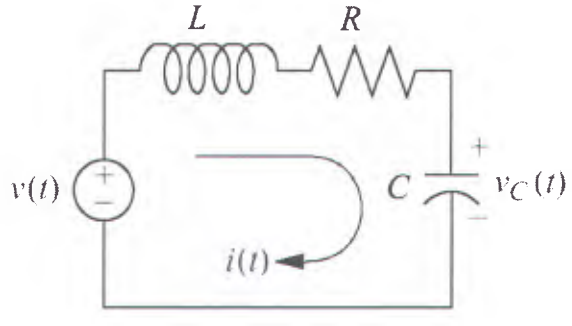
แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

คำชี้แจง

1. ข้อสอบมี 1 ตอน ทั้งหมด 3 ข้อ รวม 30 คะแนน จำนวน 3 หน้า รวมใบปะหน้า
2. ให้ทำทุกข้อลงลงในสมุดคำตอบ

ตอนที่ 1 ให้ทำแบบทดสอบทุกข้อลงในสมุดคำตอบ

1. จงคำนวณหาผลการตอบสนอง (System response) ของวงจร RLC แบบอนุกรม ดังรูป



กำหนดข้อมูลดังนี้ $R = 10\Omega$, $C = 0.02F$, $L = 0.1H$ ในวงจรดังกล่าวมีการป้อนแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรง 12 *Volts* ให้นักศึกษาคำนวณกระแสที่ชาร์จเข้า capacitor ที่เวลา $(t \geq \infty)$ โดนทำการหา (10 คะแนน)

1.1 Governing equation

1.2 Differential equation

1.3 Transfer function

1.4 System response

1.5 Block diagram

1.6 พล็อตกราฟผลการตอบสนองในรูปแบบ Unit step และ Steady-state error

2. จงคำนวณหาผลการตอบสนองของระบบควบคุมการทำงานเซอร์โวมอเตอร์ลิ้นปีกผีเสื้อเพื่อปิด-เปิดท่อร่วมไอดีของเครื่องยนต์ดีเซลคอมมอนเรล โดยมี Input เป็นแบบ Unit step function ดังสมการ

(10 คะแนน)

$$\frac{d^2y}{dt^2}+2\frac{dy}{dt}+y=5u_s(t)$$

2.1 Transfer function

2.2 System Response

2.3 Block diagram

2.4 พล็อตกราฟผลการตอบสนองในรูปแบบ Unit step และ Steady-state error

3. จากโครงงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมายให้ดำเนินการ ประกอบด้วย ระบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำแบบอัตโนมัติ (Water Flow Rate Control System) และ ระบบควบคุมอุณหภูมิเตาเผาโลหะแบบอัตโนมัติ (Temperature Control System for Melting Metals) ให้นักศึกษาอธิบายดังรายละเอียดต่อไปนี้ (ให้นักศึกษาเลือกตอบตามโครงงานที่จัดทำตามกลุ่ม) โดยสอบร่วมกับการนำเสนอโครงงานหน้าชั้นเรียน (10 คะแนน)

3.1 ทฤษฎีการควบคุม ประกอบด้วย

ก) ประเภทของระบบควบคุม

ข) กฎของการควบคุม

ค) ขั้นตอนการทำระบบพลวัต

ง) การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จ) การวิเคราะห์ระบบพลวัต ผลการตอบสนองเชิงเวลา

ฉ) ระบบควบคุมแบบ PID ให้แทนค่าลงใน Transfer function โดยเพิ่ม Input ตามตัวแปรเวลาตั้งแต่ 0 – 1.0 กำหนดค่าช่วงละ 0.1

ช) แสดง Block diagram ในรูปแบบ Close-loop Transfer Function แสดง

ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม LabVIEW และ MATLAB พร้อมพล็อตกราฟ

1) แทนค่าเมื่อระบบเป็น Proportional Control (P)

2) แทนค่าเมื่อระบบเป็น Proportional-Derivative Control (PD)

3) แทนค่าเมื่อระบบเป็น Proportional-Integral Control (PI)

4) แทนค่าเมื่อระบบเป็น Proportional-Integral- Derivative Control (PID)

3.2 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ LabVIEW เพื่อการออกแบบและจำลองสถานการณ์ ขั้นตอนการออกแบบโครงงาน ประกอบด้วย หลักการและแนวคิดของการสร้างระบบภาพวงจรอุปกรณ์ ชิ้นส่วน (ระบุเซ็นเซอร์ ทรานดิวเซอร์ อุปกรณ์วัดและประมวลสัญญาณ DAQ/Microcontroller ขั้นตอนการสร้าง การทดสอบ การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

3.3 ขั้นตอนการ Simulation ด้วย MATLAB/Simulink ประกอบด้วย

ก) กำหนดขอบเขตระบบ

ข) อธิบายตัวแปรอินพุทและเอ้าท์พุท

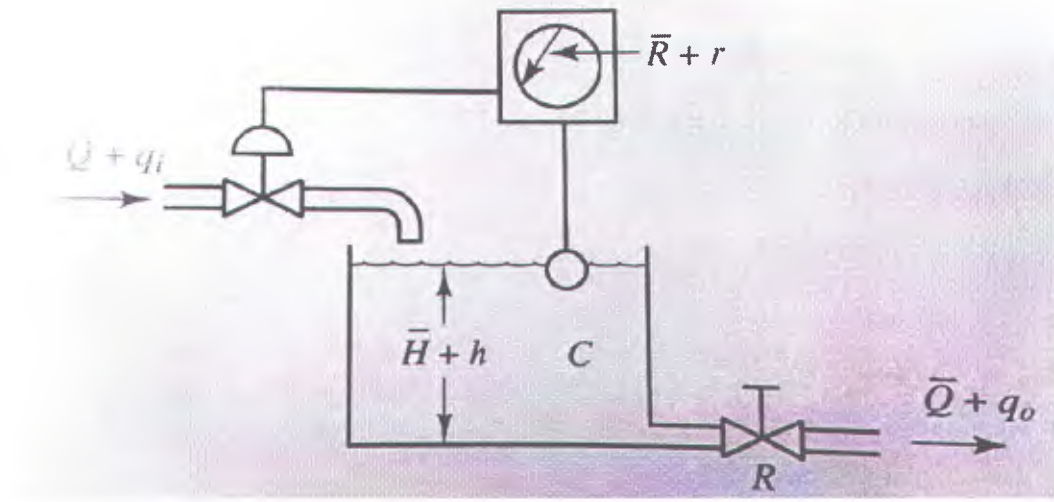
ค) วิธีการแก้ปัญหาสมการด้วยมือ

ง) วิธีการแก้ปัญหาสมการด้วย MATLAB

จ) แสดงกราฟที่พล็อตใน MATLAB และเขียน Algorithm ของระบบ

ใบงานระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

จากโจทย์



Solution

จากโจทย์เขียนสมการเชิงอนุพันธ์อันดับหนึ่งได้

$$\frac{dH}{dt} = -\frac{1}{RC}(H - \bar{H}) + \frac{1}{C}(Q_i - \bar{Q}) \qquad (1)$$

จากสมการ (1) พิจารณาการไหลของน้ำในท่อ กรณีของนักศึกษาเป็นการไหลแบบลามินาร์ (Laminar flow) เนื่องจากมีการสูญเสียภายในท่อต่ำ เนื่องจากความยาวของท่อนั้นสั้นมากจนไม่มีค่าการสูญเสีย (Neglect loss in pipe) ดังนั้น จึงใช้สมการเนื่องจากการไหลแบบลามินาร์ (Laminar flow) คือ

$$R_t = \frac{dH}{dQ} = \frac{H}{Q} \qquad (2)$$

เมื่อ H = ความแตกต่างของระดับน้ำ หน่วยเป็น m

Q = ความแตกต่างเนื่องจากอัตราการไหล m^3/sec

จากสมการที่ (2) ทำการหาค่าความจุของถัง

C = การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำภายในถัง หน่วยเป็น m^3

การเปลี่ยนแปลงของเฮดการไหล หน่วยเป็น m

นิยามศัพท์ของตัวแปรที่พิจารณา

$\overline{Q_i}$ = อัตราการไหลแบบคงที่ (ก่อนการเปลี่ยนแปลงใดๆ) หน่วยเป็น m^3/sec

q_i = อัตราการไหลเข้าของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก หน่วยเป็น m^3/sec

q_o = อัตราการไหลออกของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก หน่วยเป็น m^3/sec

$\overline{H}$ = เฮดการไหล (ก่อนการเปลี่ยนแปลงใดๆ) หน่วยเป็น m

h = การเปลี่ยนแปลงของเฮดการไหลน้อยมาก หน่วยเป็น m

แทนค่า C ในสมการ (2) และ derive สมการเพื่อหา Transfer function ได้

$$Cdh = (q_i - q_o)dt$$

$$q_o = \frac{h}{R}$$

$$RC\frac{dH}{dt} + h = Rq_i$$

$$(RCs+1)H(s) = RQ_i(s)$$

เมื่อ q_i คือ Input และ h คือ Output แล้ว Taking Laplace transform ได้

$$H(s) = L[h] \text{ และ } Q_i(s) = L(q_i)$$

$$\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{R}{RCs+1} \tag{3}$$

หากค่า q_o คือ Output และ Input มีค่าเท่ากัน (Time constant) $t \le 0$ ได้ Transfer function คือ

$$\frac{Q_o(s)}{Q_i(s)} = \frac{1}{RCs+1} \tag{4}$$

แบบฝึกปฏิบัติ

จากการทดลองปั๊มน้ำมีอัตราการไหล 20 ลิตร/นาที (0.333 L/sec) หรือ (0.000333 m^3/sec) ความแตกต่างของระดับน้ำเริ่มต้นมีค่า 0.00 m และ ระดับน้ำที่ควบคุมไว้ 0.3 m

Solution

$$R_t = \frac{H}{Q} = 1$$

$$RC = 900.9009 \times 0.000333 = 0.30$$

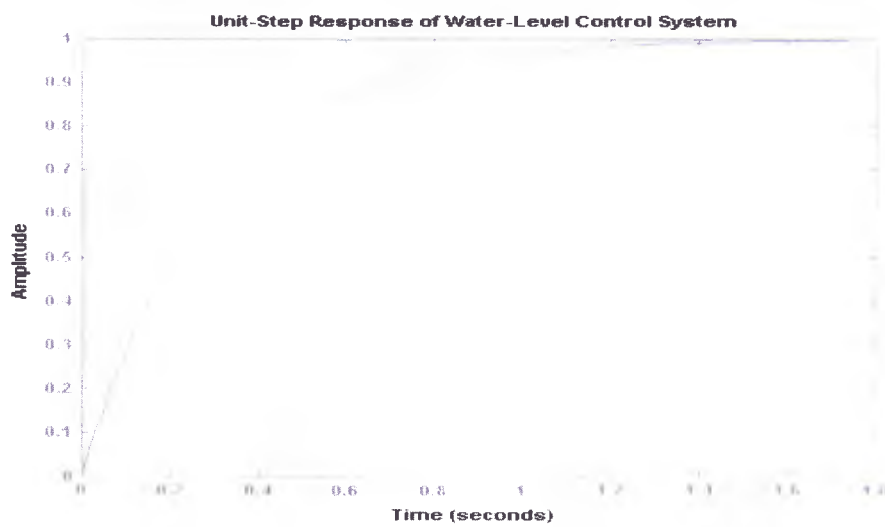
แทนค่าใน Transfer function ได้ $\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{1}{0.30s+1}$

เขียนโปรแกรม MATLAB ได้

```
>> num=[0 1];
>> den=[0.3 1];
>> step(num,den);grid
```

พล็อตกราฟผลการตอบสนองเชิงเวลาได้ดังรูปที่ 1

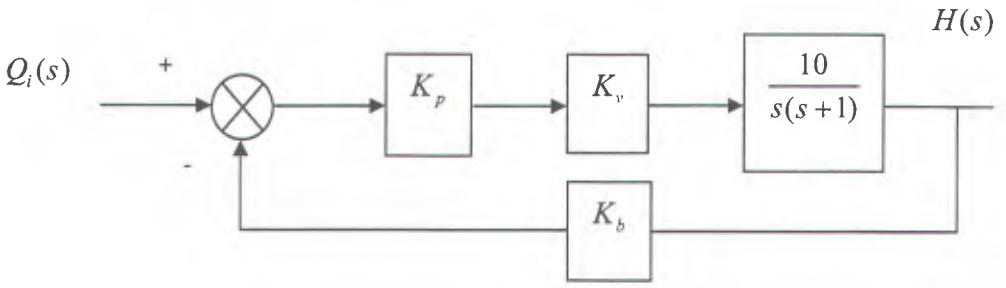
ผลการตอบสนองที่ได้ $\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{900.9009}{0.30s+1}$ เป็นตัวควบคุมแบบสัดส่วน (Proportional controller) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการไหลเข้า q_i เป็นสัดส่วนกับความผิดพลาดของ Pump หรือ Actuator และเมื่อนำไปออกแบบใช้งานจริงในทางวิศวกรรมจึงจำเป็นที่ต้องเพิ่มค่าอัตราขยายตัวควบคุมแบบสัดส่วน K_p และอัตราขยายของวาล์วควบคุม K_v โดยเขียนเป็น Block diagram ได้ดังภาพที่ ง.1



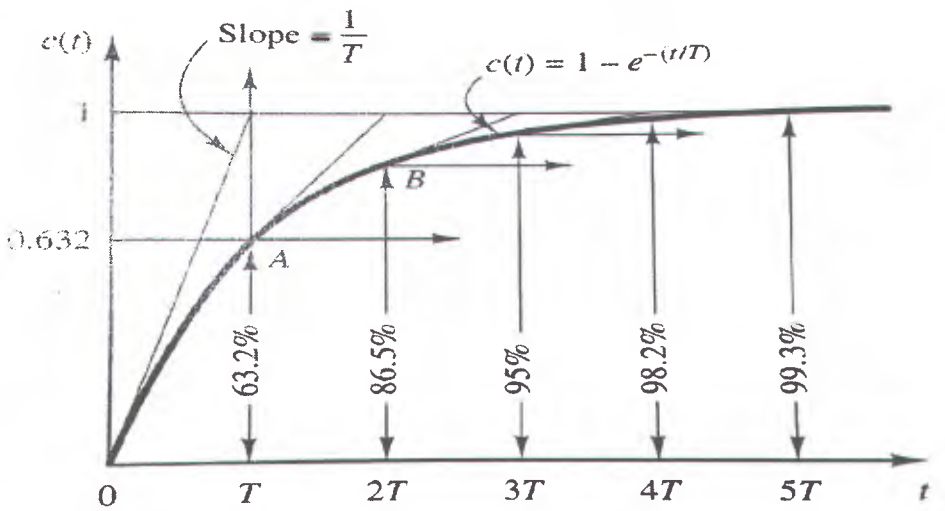
ผลการตอบสนองที่ได้ $\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{900.9009}{0.30s+1}$ เป็นตัวควบคุมแบบสัดส่วน (Proportional controller) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการไหลเข้า q_i เป็นสัดส่วนกับความผิดพลาดของ Pump หรือ Actuator

และเมื่อนำไปออกแบบใช้งานจริงในทางวิศวกรรมจึงจำเป็นที่ต้องเพิ่มค่าอัตราขยายตัวควบคุมแบบสัดส่วน K_p และอัตราขยายของวาล์วควบคุม K_v โดยเขียนเป็น Block diagram ได้ดังภาพที่ ง.2

สัดส่วน K_p และอัตราขยายของวาล์วควบคุม K_v โดยเขียนเป็น Block diagram ได้ดังนี้



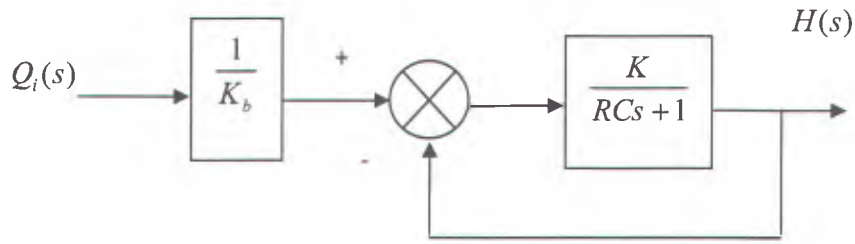
ภาพที่ ง.2 แสดง Closed-loop block diagram ของระบบควบคุมระดับน้ำแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ ง.3 แสดง Exponential Response Curve

ตรวจสอบค่าความชันของกราฟผลการตอบสนองเชิงเวลาในแต่ละคาบ T มีความคลาดเลื่อน (Steady-state error) จึงต้องปรับค่า K เพื่อปรับปรุงค่า offset ได้ตามภาพที่ ง.4 แสดง Steady-state error $= 1 - \frac{K}{1+K} = \frac{1}{1+K}$

จากภาพที่ ง.4 สามารถเขียน Closed-loop block diagram ใหม่ ดังนี้



ภาพที่ ง.4 แสดงผลการตอบสนองที่เพิ่มอัตราขยายแบบ Unit-Step Response

ดังนั้น เขียน Transfer function ที่เพิ่มอัตราขยายแบบ ในรูปแบบผลการตอบสนองแบบ Unit-Step Response ได้

$$\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{K}{RCs+1+K}$$

$$H(s) = \frac{K}{RCs+1+K}.\frac{1}{s}$$

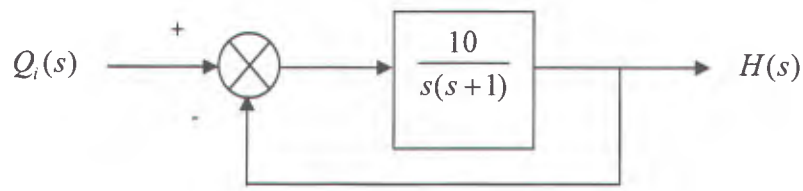
$$H(s) = \left(\frac{K}{1+K}\right).\frac{1}{S} - \left[\frac{K}{1+K}.\frac{1}{s+(1+K)/RC}\right]$$

Inverse Laplace transform L^{-1} เพ่อหาผลเฉลย คือ

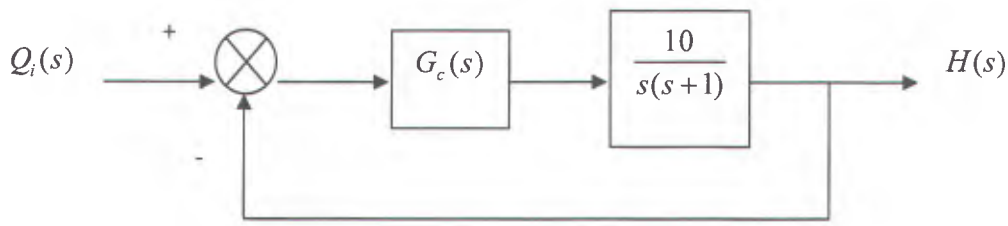
$$h(t) = \frac{K}{1+K}.(1-e^{-t/\tau}), t \geq 0 \text{ และ } \tau = \frac{RC}{1+K} \text{ เมื่อ } h(\infty) = \frac{K}{1+K}$$

การปรับค่า K ให้ศึกษาในผลการตอบสนองเชิงความถี่ (Frequency-Response)

การปรับปรุงผลของการออกแบบระบบควบคุมระดับน้ำ (Water level control system) แสดงดังรูป block diagram ด้านล่าง พบว่ามีค่า steady-state error อยู่มากในการทดสอบเพื่อหาผลการตอบสนองแบบเวลา (Time-domain system response) ดังนั้น ในการออกแบบผลการตอบสนองเชิงความถี่เพื่อศึกษาพฤติกรรมของผลการตอบสนอง output ของระบบต่อ sinusoidal input ซึ่งพิจารณาผลการตอบสนองขนาด (magnitude) และผลการตอบสนองเฟส (phase) โดยได้มีการออกแบบตัวชดเชย (compensator) เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับตามความต้องการที่มีค่าความเร็วสถิตคลาดเคลื่อนคงที่ (static velocity error constant = 20 sec^{-1}) มีค่า phase margin = 50 และ gain margin $\geq$ 10 dB ตามภาพที่ ง.5



(a) Water-level control system



(b) Compensated system

Solution จากรูปเป็น Closed-loop Transfer function

$$G(s) = K_c\alpha\frac{T_s+1}{\alpha T_s+1}$$

$$K_c = \frac{s+\frac{1}{T}}{s+\frac{1}{\alpha T}}$$

แทนค่าในสมการชดเชยได้

Print screen คำสั่ง และพล็อตกราฟผลการตอบสนองได้ดังรูป

$$G_1(s) = KG(s) = \frac{10K}{s(s+1)}$$

เมื่อ $K = K_c\alpha$

$$K_v = 20\sec^{-1}$$

$$K_v = \lim_{s\to 0} sG_c(s)G(s)$$

$$= \lim_{s\to 0} s\frac{T_s+1}{\alpha T_s+1}G_1(s)$$

$$= \lim_{s\to 0}\frac{s10K}{s(s+1)}$$

$$= 10K = 20$$

ได้ $K = 2$ เขียน Transfer Function ใหม่ได้ $G_1(s) = \frac{20}{s+1}$

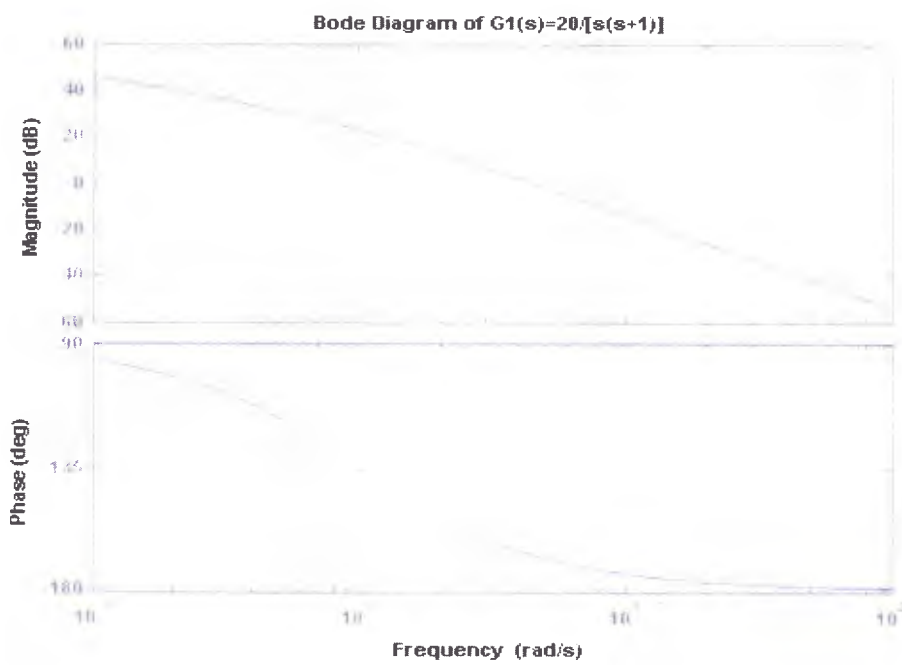
เขียนโปรแกรม MATLAB ได้

```
>> num=[0 0 20];
>> den=[1 1 0];
>> w=logspace(-1,2,100);
>> bode(num,den,w);grid
```

แสดง Bode Diagram ดังรูปที่ 1 จากโจทย์กำหนดค่า phase margin = 50° แต่ phase lead ที่ต้องการคือ 36° โดยตัวชดเชยแบบ lead มีค่าเท่านี้ตามทฤษฎี ดังนั้น จึงต้องเพิ่ม phase lag ของ $G_1(j\omega)$ หาค่า gain crossover frequency ในเทอมของ maximum phase lead (ϕ_m) ดังรูปที่ 1 ได้ค่า maximum phase lead (ϕ_m) มีค่าโดยประมาณ 41° โดยประมาณค่าเพิ่มจากค่า gain crossover frequency อีก 5° แทนค่าในสมการหาค่า gain crossover frequency ได้

$$\sin\phi_m = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} \quad \text{จากค่า } \phi_m = 41^\circ \text{ ได้ } \alpha = 0.21$$

ทำการหาค่า corner frequencies ได้จากสมการ $\omega = \frac{1}{(\sqrt{\alpha}T)}$

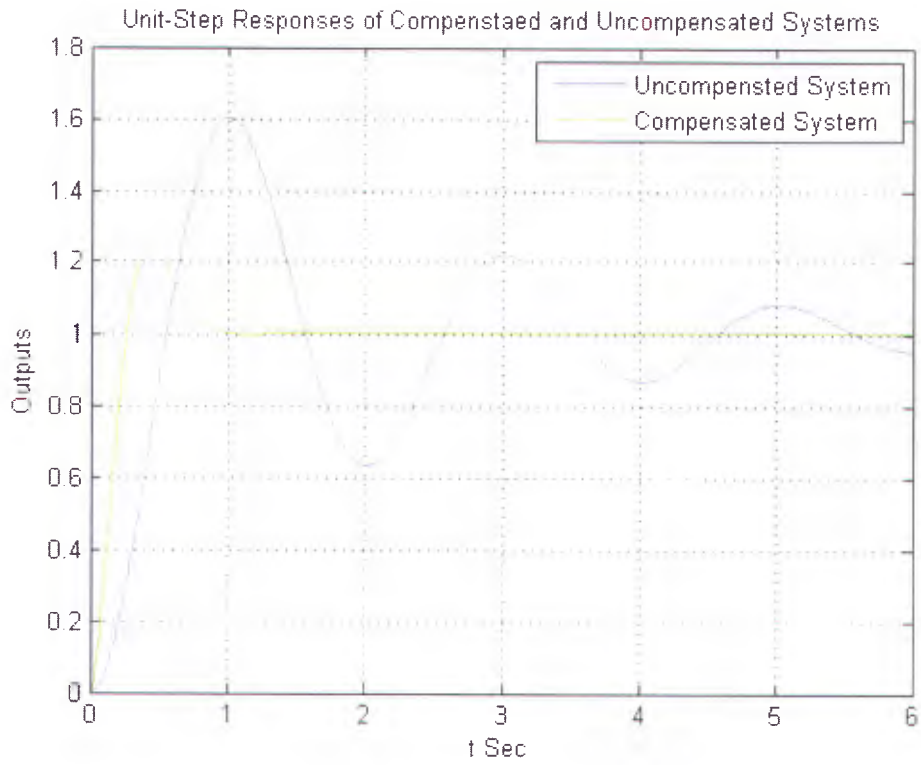


ภาพที่ ง.6 แสดง maximum phase lead (ϕ_m)

จาก Transfer function ในรูปแบบ Unit-Step Responses เขียนโปรแกรม MATLAB ได้

```
>> num1=[0 0 10];
>> den1=[1 1 10];
>> num2=[0 0 95.238 283.6854];
>> den2=[1 15.1842 109.4222 283.6854];
>> t=0:0.01:6;
>> [c1,x1,t]=step(num1,den1,t);
>> [c2,x2,t]=step(num2,den2,t);
>> plot(t,c1,t,c2);grid
```

แสดง Unit-Step Responses ของระบบชดเชยและไม่ชดเชย ดังภาพที่ ง-7



ภาพที่ ง.7 แสดง Unit-Step Responses ของระบบชดเชยและไม่ชดเชย

Brief Content

จงหาผลเฉลยของระบบควบคุมอัตโนมัติ $x(t)$ ของสมการเชิงอนุพันธ์ดังต่อไปนี้

$$\frac{d^2x}{dt^2}+2\frac{dx}{dt}+5x=3 \text{ ; Initial value condition } x(0)=0,\ \dot{x}(0)=0$$

Solution จัดสมการเชิงอนุพันธ์ให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐาน

$$\ddot{x}+2\dot{x}+5x=3$$

Input มีค่าเท่ากับ 3

$$L[3]=\frac{3}{s} \quad \text{เมื่อ } x(0)=0,\ \dot{x}(0)=0$$

$$s^2X(s)+2sX(s)+5X(s)=\frac{3}{s}$$

เขียนสมการในรูปของ Transfer function

$$X(s)=\frac{3}{s(s^2+2s+5)}$$

$$=\frac{3}{5}.\frac{1}{s}-\frac{3}{5}\frac{s+2}{s^2+2s+5}$$

$$=\frac{3}{5}.\frac{1}{s}-\frac{3}{10}\frac{2}{(s+1)^2+2^2}-\frac{3}{5}\frac{(s+1)}{(s+1)^2+2^2}$$

Take Inverse Laplace Transform (L^{-1})

$$x(t)=L^{-1}[X(s)]$$

$$=\frac{3}{5}L^{-1}\left[\frac{1}{5}\right]-\frac{3}{10}L^{-1}\left[\frac{2}{(s+1)^2+2^2}\right]-\frac{3}{5}L^{-1}\left[\frac{s+1}{(s+1)^2+2^2}\right]$$

$$=\frac{3}{5}-\frac{3}{10}e^{-t}\sin 2t-\frac{3}{5}e^{-t}\cos 2t \quad \text{เมื่อ } t\geq 0$$

ภาคผนวก จ
ผลงานวิจัยที่ได้รับการนำเสนอในที่ประชุมวิชาการ ระดับนานาชาติ

Re: Submission a manuscript on ICTechEd 2015

ICTechEd KMUTNB

1/9/2558

ถึง: Dr.Weerayute Sudsomboon

Dear Authors,

We have successfully received your paper.

Best Regards,

ICTechEd2015

Sent from my iPad

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
UNIVERSITÉ DE LORRAINE
KU
OSAKA UNIVERSITY
IEEE THAILAND SECTION
IEEE EDUCATION SOCIETY Thailand Section
การประชุมวิชาการ
ครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ระดับชาติ ครั้งที่ 8
The 8th National Conference on Technical Education
www.NCTechEd.org
Engineering & Technical Education
The 3rd International Conference on Technical Education 3
www.ICTechEd.org
November 26-27, 2015
● Full paper submission due date September 15, 2015
● Notification of acceptance October 15, 2015
● Final paper submission and Registration due date November 10, 2015
Faculty of Technical Education
www.ICTechEd.org

Designing a Project-based Learning in the Context of Experiential Learning Theory for Mechanical Engineering education

Weerayute Sudsomboon [a], Boonsong Hemwat [b], Anan Suebsomran [c], Tanaporn Muangmungkhun [a], Roipimjai Petchkul [a], Wilawan Jinwan [a], Chatchai Kaewdee [a], Weeraphol Pansrinuan [a], Wittaya Wongklang [c], Soonthorn Tiawattanatrakool [d], Jaran Chairek [d]

[a] Graduate Program in Industrial Technology, [c] Mechanical Technology Program, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, 1 Moo 4 Thangew, Muang, Nakhon Si Thammarat Rajabhat 80280 Thailand
[b] Department of Mechanical Technology Education, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 126 Prachauthit Road, Bangmod, Thungkru, Bangkok 10140 Thailand
[c] Mechatronics Engineering Program, Department of Teacher Training in Mechanical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok 1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800 Thailand
[d] Nakhon Si Thammarat Technical College, 263 Rajdamnoen Road, Thawang, Muang, Nakhon Si Thammarat Rajabhat 80000 Thailand

Abstract- **In the Mechanical Engineering Education (MEE) sector, students desire a self-directed learning experience is one in which the student is promoted with the essential technical qualifications and key professional competences. This paper aims to design a Project-based Learning (PjBL) is integrated into the context of experiential learning theory for mechanical engineering education in "Mechanical Systems Project Design and Experimental (MSPDE) course" at the Mechanical Technology Program, Faculty of Industrial Technology at Nakhon Si Thammarat Rajabhat University. The methodological approach proposes the integrated PjBL and experiential learning theory have been successful employed in developing the students' competency of issues in MSPDE. One specific experiential learning theory of utilize is Dewey's Experiential Learning Theory. The researcher was conducted the problem-solving procedure to solve mathematical modeling of translational mechanical systems into MSPDE model. With the utilize to conduct in MEE, lecturer have employed a PjBL through the integration of DELT model as an effective competency-based education that integrates self-directed learning, knowledge, problem-solving skills and critical thinking in MEE is discussed.**

Keywords: Mechanical Technology Education, Project-based Learning, Experiential Learning Theory, Problem-Solving Skills

I INTRODUCTION

In the Mechanical Technology Education (MEE) sector, students desire a self-directed learning experience is one in which the student is promoted with the essential technical qualifications and key professional competences. Currently, MEE is comprehensive mechanical systems with highly integrated electronics and information technology. These includes demand approach for efficient learning are (1) the ability to efficiently search and make the vast of available information to design mechanical systems with higher performance and lower costs; (2) the ability to work as a key member of teamwork; (3) the ability to develop student engagement and performance in the laboratory; and (4) the ability to propose approach to MEE for integrating design methodology, simulation with projects [1].

In order to teach students to embark on mechanical systems, developing the effective tools attributed through the usual lecture-tutorial format is limited as effective as it used to be Although the Project-based Learning (PjBL) were promoted to the engineering education to the early 1980s [2], it is relatively now to the Mechanical Technology Program, Faculty of Industrial Technology at Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, which is pertinent to students' real worlds, requiring collaborative investigation and the industrial demand of a series of project artifacts.

Moreover, students are able to include multidisciplinary synthesis, teamwork and communication, hands-on skills and laboratory experiences, open-ended problem formulation and solving, and doing "best practices" from industrial demands are emphasized as students' competency. Research in MEE highlighted experiential education as a best practice in multidiscipline and contexts including [3]. The researcher have argued experienced education as discovering, processing, applying information, and reflection [4], which have promoted experienced education as a method of linking "academic knowledge and practical skills. For instance, integrated a project-based learning and experiential learning theory to engage students with the mechanical systems are utilized.

This paper aims to design a project-based learning is integrated into the context of experiential learning theory for mechanical engineering education in "Mechanical Systems

Project Design and Experimental (MSPDE) course" at the Mechanical Technology Program, Faculty of Industrial Technology at Nakhon Si Thammarat Rajabhat University in semester 2/2014. The organization of this paper: Topic 2 is design and analytical framework: In Topic 3 presents the implementation: and Topic 4 presents implications and conclusion, respectively.

II. DESIGN AND ANALYTICAL FRAMEWORK

The design of a PjBL through the integration of Dewey's experiential learning theory

The main idea of this paper aims to design a project-based learning was integrated into the context of experiential learning theory for mechanical engineering education course in "Mechanical Systems Project Design and Experimental (MSPDE) course" could be used to promote students' competency. According to the Buck Institute for Education [5], PjBL is defined as a systematic teaching method that engages students in learning essential knowledge and life enhancing skills through an extended, student-influenced inquiry process structured around complex, authentic questions and carefully designed products and tasks.

In the MSPDE course described here, the students also acquired the knowledge construction by active learning while interacting with the lecturer as the researcher, their own knowledge, their teamwork, experts in the others lecturer in the faculty, and other students in the course. The learning environment in MSPDE course presented is based on inquiry. Therefore, the lecturer must encourage challenging and open-ended questions and must, in particular, discussion, examining and explaining them. As designer of learning, students' aspire have the following:

- to organizing and rationalizing their experience;
- to discuss ideas rise to assessment the learning progress, and examining experience deals rise to learning.

As a result, the researcher assigned students were required to present their work to their teamwork in the class necessitated feedback and analysis of what they had done.

The methodological approach proposes the integrated PjBL and experiential learning theory have been successful employed in developing the students' competency of issues in MSPDE. One specific experiential learning theory of utilize is Dewey's Experiential Learning Theory (DELT). Dewey [6] described that the DELT could be served as one the primary theories when implementing experiential learning and has been demonstrated as effective in many teaching strategies including engineering education [7]. The PjBL through the integration of DELT model applies around four aspects of education as shown in Fig.1
as follow as:

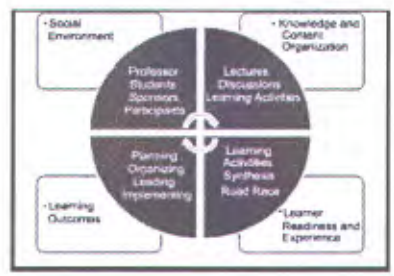


Fig.1 Dewey's experiential learning theory model

- **Social environment** is a relationship among lecturers, learners, the curriculum, and community to organizing their experience.
- **Knowledge and content organization** is the way
- learning occurs; for example, students should be placed in learning experiences that allow them to pose and solve problems, making meaning, producing products, and building relationships with rationalizing their experience.
- **Learner readiness and experience** is the lecturer's role must be educative and connect to the real-world situations to discuss ideas raise to assessment the learning progress.
- **Learning outcomes** is what the student learned and the student needs to have the ability to acquire more knowledge through the examining experience deals rise to learning experiences than students' knew prior to the experience into the MSPDE course.

Inquiry-based learning

The teaching approach is generated idea from the DELT model; Dewey suggested applying the principles of scientific

research to teaching. Dewey explained that by employing this approach for promoting students' to knowledge construction, rather than being knowledge and content organization to be merely passive recipients of it.

According to Sudsomboon [8], the effects of using an inquiry-based learning environment (IBL) on the undergraduate mechanical technology students' achievements at Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University in failure theories of 5592103 mechanical engineering design course. Two groups of undergraduate mechanical technology students in the semester 1/2013 were selected for this study: an experimental group composed of 18 students; and a control group composed of 16 students. The students in the experimental group taught with an IBL, while the students in the control group received lecture-based direct instruction. An achievement test was administered as pre-test and post-test in both groups. The results showed that the *t*-tests did not provide sufficient evidence for a difference in the mean achievement for 3 categories in failure theories were maximum normal stress theory, maximum shear stress theory and distortion energy theory of mechanical elements. Moreover, students in the experimental group showed greater scores toward learning mechanical elements compared to those in the control group whom often showed lack of interest and challenges. Thus, students' comments during lessons and tests were more accurate and advanced in the experimental group as they engage more in the IBL.

Additionally, the researcher is providing the IBL to design into a PjBL through the integration of DELT model basically different from traditional teaching, in which the lecturer presents prepared learning material to the students. In the inquiry-based learning approach, students search for the vast of available information to design mechanical systems with higher performance and lower costs are involved. They have been encouraged to find out the translational mechanical systems into the MSPDE course, answers, explanations, and make decision to design the project of mass-damper-spring system with the 5503501 Industrial Technology Research subject.

First of all, their challenges, curiosity and talents are satisfied when they construct the mathematical modeling of the translational mechanical systems as mental frameworks to derive the continued equation behavior, and thus meaningful learning is assimilated by computational methods via MATLAB programming.

With the supporting, a typical inquiry-based learning is comprised of the following: defining the problem, proposing hypotheses, doing the project/experiment, analyzing the data, interpreting the results, and conclusions through effective report. This paper in the MSPDE course described is a mini-project.

After the researcher outlined the problem and design, students were required to perform the PjBL through the integration of DELT model, to select one project of mass-damper-spring system, and to build an artifact.

Teaching strategies of the mechanical systems on MSPDE course within a PjBL through the integration of DELT model

Vu and Esfandiari [9] stated that mechanical systems are either in translational or rotational motion or both. Mechanical elements include mass element, spring element, and damper element, translational and rotational. The concepts of equivalence, degrees of freedom, and constraints are discussed. Two important types of constraints are holonomic and non-holonomic constraints. Newton's law are used for translational systems, whereas the moment equations are for rotation systems. They are used together for modeling of combined systems of translational and rotational. Gear-train systems are also included.

The objective of MEE analysis of a mechanical system is prediction of its behaviour. Since real-world systems are usually quite complicated when viewed in detail, an "exact" analysis of any system is often impossible. Thus, simplifying assumptions must be made to reduce the system to and idealized version whose behaviour approximates that of the real system. The process by which a physical system is simplified to obtain a mathematically tractable situation is called *mathematical modeling*. The resulting simplified version of the real-world mechanical system is called the mathematical model, or simply the model, of the system.

III. Implementation of a PjBL through the Integration of DELT Model

The propose of conceptual framework within a PjBL through the integration of DELT model

The conceptual framework within a PjBL through the integration of DELT model provides a learning effective for the students' to apply teaching of the MSPDE course. The model is to promote undergraduate mechanical technology students will be employed with the 3rd years at the Mechanical Technology Program, Faculty of Industrial Technology at Nakhon Si Thammarat Rajabhat University in semester 2/2014 from three aspects as a competency, i.e. knowledge, skills and attitudes as shown in Fig.2.

- Knowledge: Addressing how to apply the concepts of dynamic system and controls to solve real-world problems. In the MSPDE course point of view, the integration social environment with knowledge and content organization by developing the knowledge application in computational methods for engineering, mechatronics, software performances and measurement and signal processing to promote students' learning in higher performance and lower costs.
- Skills: In order to enhance skills, practical solution ability within a PjBL through the integration of DELT model such as teamwork, communication, gather information,

problem-solving, and solution are also the most important to promote career's path.

- Attitudes: Attitudes is the learning outcomes of personal responsibility of an individual. The social responsibility, energy conservation, environmental awareness, safety procedural, and continuous improvement productivity are important to promote personality.

A PjBL through the integration of DELT model on mathematical modeling and simulation

The researcher was conducted the problem-solving procedure to solve mathematical modeling of translational mechanical systems into MSPDE model. Students' have been engaged following:

- The mass-damper-spring is presented by basic modeling elements.

- **Knowledge:**
  (1) System model representation is identifying the mathematical modeling of translational mechanical systems;
  (2) Governing equations are derived by dynamic system modeling and analysis;
  (3) Mathematical modeling of translational mechanical system in state-space representation form is presented;
  (4) State equation is presented as the state-space representation or state-space form of the system model.

This form is representing a system model is particularly useful in the dynamic system modeling and analysis [8] [10] As a result, this procedure is to obtain the state-space representation from the governing equations to Input-Output (I/O) equation as;

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}u$$
$$y = \mathbf{C}\mathbf{x} + Du$$

(5) Transfer function is derived the different representations of mathematical models have been treated extensively in previous step. The transfer function is the most important to solve the system response. Because of the transfer function of a system, show relates the input to the output in the Laplace transform domain as;

$$G(S) = \frac{\textbf{Output(s)}}{\textbf{Input(s)}}$$

where

Output(s) = $L\{output(t)\}$

Input(s) = $L\{input(t)\}$

(6) Analysis of the system response is concerned with the response of dynamic systems corresponding to specified inputs. Many type of input signal processing are crucially and discussed in the experimental. By analytical determination of the response is possible through application of the Laplace transformation, the transient response and frequency response are discussed;

(7) Suggestions of dynamic systems as mentioned earlier of this study, the unit-impulse response refers to the system's response to a unit impulse and is subjected to zero initial conditions (Vu & Esfandiari, 1998).

(8) Analysis of the mechatronic elements (i.e., sensors, data processing and actuators) with the hardware implementation for measurement and signal processing.

(9) The computational programming namely MATLAB is employed to analyze the optimization system.

- **Skills:**
  (1) Engage students in real-world system with the mass-damper-spring.
  (2) Requires students to use inquiry, research, journals, and problem-solving skills.
  (3) Convinces students to learn and perform a PjBL through the integration of DELT model on mathematical modeling and simulation.
  (4) Provides opportunities for students to practice interpersonal skills as they work in teamwork, communication, gather information, problem-solving, and solution.

- **Attitudes:**
  (1) Includes expectations regarding social responsibility and learning outcomes.
  (2) End is the learning assessment with a presentation and the demonstration set of mass-damper-spring covers a competency approach.

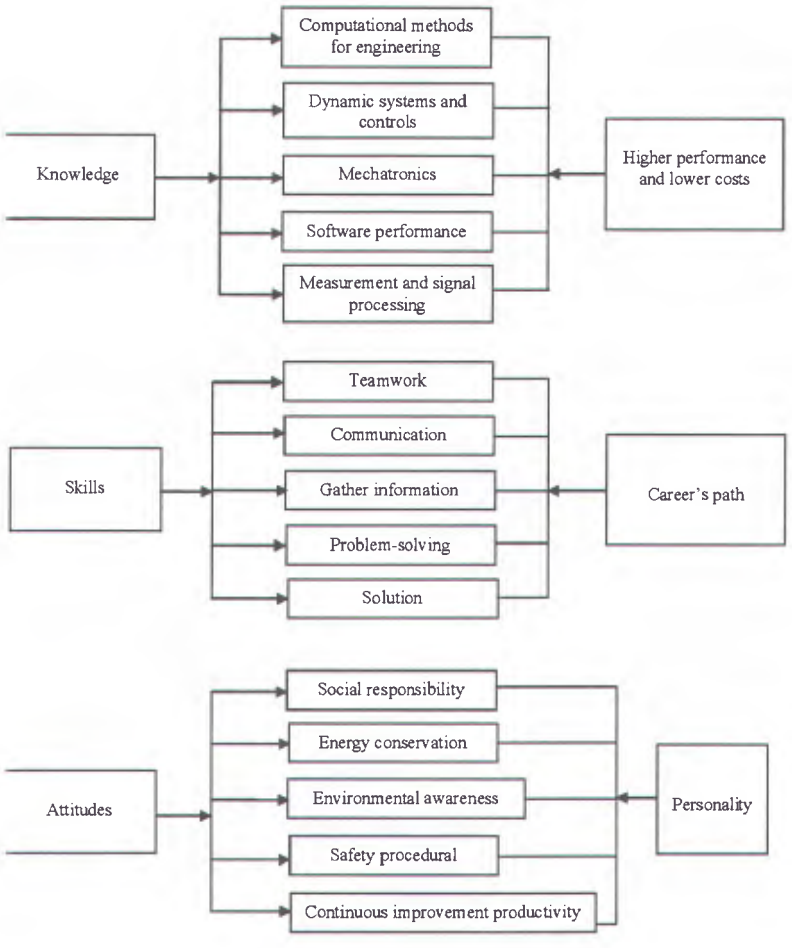


Fig 2. The propose of conceptual framework within a PjBL through the integration of DELT model

IV. Implications and conclusion for a PjBL through the integration of DELT Model

Making sure all students have opportunities to interact and develop problem-solving skills with constrained resources is an essential of a PjBL through the integration of DELT

model. With the utilize to conduct in MEE, lecturer have employed a PjBL through the integration of DELT model as an effective competency-based education that integrates self-directed learning, knowledge, problem-solving skills and critical thinking in MEE. For example, the mass-damper-spring is presented by basic modeling elements to an academic mechanical engineering course.

According to Strobel et al. [11] discussed the role of authenticity in design-based learning environments found that the proposed model of authenticity includes two additions to existing models introducing impacts as follows as: context, task, impact, and personal/value Engineering students is in a unique position to explore different frameworks not just to decide what to teach (concepts, and processes). The "authentic" experiences are widely used in all curricular and across undergraduate engineering standards and curricular.

Consequently, the demonstration of a PjBL through the integration of DELT model enhances students to develop engineering competency and increased their motivation to study.

Specifically, researcher proposes the MSPDE course; the students should be able to do the following:

- Knowledge: Teaching of the concepts of dynamic system and controls;
- Knowledge: Demonstrate teaching strategies as the mathematical modeling of translational mechanical systems and software performance within a PjBL through the integration of DELT model;
- Skills: Work collaboratively across engineering disciplines (mechanical engineering design, electronics, information technology, control systemsand data acquisition system for accurate measurements on team work;
- Skills: Demonstrate proficiency in the use of information sources to search and tools to solve real-world problems;
- Skills: Gain experience in hands-on skills, problem solving and team interaction;
- Attitudes: Students' presents academic performance.

As a result, it leads students to progress according to progress according to their level while making them enhance like responsible collaborators in the learning process. The future research will continue to work continued with the 3rd years at the Mechanical Technology Program, Faculty of Industrial Technology at Nakhon Si Thammarat Rajabhat University. The effects of a PjBL through the integration of DELT model will be proposed. By examining the relationship between a PjBL through the integration of DELT model and learning achievement identifies essential demands for new instructional approaches for MEE that "students involved achieving integrated demonstration sets of learning achievement–performance objectives. The newly approach emphasized learning achievements and performance objectives and parallels problem-solving skills models.

The integration of PjBL approach and DELT model is successfully employed, according to learning outcomes mentioned in the implementation across the competency as a new instructional approach for implementing in MEE. In addition to the achievement of the learning outcomes there is several key success of the experience. The entire experience allowed students to develop a strong ownership in their learning which they play an active role in developing the competency.

Acknowledgements

The author would like to thank the research grant support (Benja Vijai B.E. 2557-2558) from Institute of Research and Development, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University. The researcher is particularly grateful to anonymous reviewers who helped us improve this manuscript.

References

[1] Wang, Y., Ying, Y., Xie, C., Zhang, X., Jiang, W., 2013. A proposed approach to mechatronics design education: Integrating design methodology, simulation with projects, Mechatronics 23, pp. 942-948.

[2] Robinson, J. K., 2013. Project-based learning: Improving student engagement and performance in the laboratory. Journal of Chemistry Education 405, pp. 7-13.

[3] Chilton, M. A., 2012. Technology in the classroom: Using video links to enable long distance experience Learning. Journal of Information Systems Education 23(1), pp. 51-62.

[4] Conley, W. J., 2008. Play to learn. In ideas that work in college teaching. In R. L, Badget (Ed.). Albany, NY: State University of New York Press.

[5] Buck Institute for Education., 2012. Project-based learning. [Online Available]: http://www.bie.org Retrieved January 12, 2015.

[6] Dewey, J., 1938. Experience and education. NY: Simon and Schuster.

[7] Kim, C. M., Hannafin, J. M., 2011. Scaffolding problem solving in technology-enhanced learning environments (TELEs): Bridging research and theory practice. Computers & Education 56, pp. 403-417.

[8] Sudsomboon, W., 2013. "The Effects of Inquiry-based Learning Environment on Undergraduate Mechanical Technology Students' Achievement in Mechanical Engineering Design Course," 6th International Conference on Educational Research, Khon Kaen, Thailand, pp. 622-628.

[9] Vu, V. H., Esfandiari, R. S., 1998. Dynamic Systems: Modeling and Analysis. Singapore: McGraw-Hill.

[10] Sudsomboon, W., 2014. Using Case-based Reasoning Instructional Strategy to Teach Mathematical Modeling and Analysis of Mechanical Systems. The Journal of Industrial Technology Suan Sunandha Rajabhat University 1(2), pp. 65-87.

[11] Strobel, J., wang, J., Weber, N. R., Dyehouse, M.,

2013. The role of authenticity in design-based learning environments: The case of engineering education. Computers & Education 64, pp. 143-152.

ประวัตินักวิจัยและผลงานวิชาการ

1. **ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)**
   ดร.วีระยุทธ สุดสมบูรณ์
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)
   Dr.Weerayute Sudsomboon, Ph.D.

2. **วันที่เริ่มบรรจุรับราชการ** 1 กุมภาพันธ์ 2539
   อายุราชการ 19 ปี

3. **ตำแหน่งปัจจุบัน**
   ข้าราชการพลเรือนในสถาบันอุดมศึกษา ตำแหน่งอาจารย์

4. **รหัสนักวิจัยแห่งชาติ** 53120091 สาขาการศึกษา

5. **ประวัติการศึกษา**

คุณวุฒิ	สาขาวิชา	สำเร็จการศึกษา	
		สถาบัน	ปี พ.ศ.
ปร.ด.	นวัตกรรมการเรียนรู้ทางเทคโนโลยี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	2554
ค.อ.ม.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2558
ค.อ.ม.	การบริหารอาชีวศึกษา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2548
ประกาศนียบัตร	เทคโนโลยียานยนต์	Seoul Institute for Vocational Training in Advanced Technology ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี	2547
ค.อ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	2544

6. รางวัลเกียรติยศ

6.1 รางวัลข้าราชการพลเรือนดีเด่น (ครุฑทองคำ) ประจำปีพุทธศักราช 2551
ส่วนราชการที่ 138 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ลำดับที่ 282 กลุ่มที่ 2
ตามหนังสือที่ ศธ 0201.4/847 ลว. 9 มีนาคม 2552
เนื่องในงานวันข้าราชการพลเรือนประจำปี 2552

6.2 รางวัลอาจารย์ผู้สอนดีเด่นด้านคุณธรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เนื่องในงานวันครูประจำปีการศึกษา 2552

6.3 รางวัลผู้ปฏิบัติงานดีเด่น สายสนับสนุน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เนื่องในงานวันครูประจำปีการศึกษา 2549

6.4 ได้รับการคัดเลือกให้ได้รับทุนการศึกษา "เพชรพระจอมเกล้า" จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สาขาวิชาการดีเด่น เพื่อการศึกษาต่อในระดับปริญญาเอก ประจำปีการศึกษา 2550 – 2552

7. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
1 หมู่ 4 ต.ท่างิ้ว อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช 80280
โทรศัพท์/โทรสาร 075-377-439
โทรมือถือ 089-477-6487
อีเมล์ weerayute_sud@nstru.ac.th; weerayute.sud@hotmail.com

8. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

8.1 การวิจัยและพัฒนายุทธวิธีการเรียนรู้ทางครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (Research and Development in Learning Strategies for Industrial Education and Industrial Technology)

8.2 วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา (Mechanical Engineering Education)

8.3 เทคนิคการสอนและฝึกอบรมขั้นสูงทางครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (Advanced Instructional and Training for Industrial Education and Industrial Technology)

8.4 การควบคุมระบบทางกล (Control of Mechanical Systems)

8.5 วิทยาศาสตร์ปัญญาและเทคโนโลยีเพื่อการจัดการเรียนรู้ (Cognitive Science and Learning Technology)

9. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

9.1 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

9.1.1 ภาษาไทย การพัฒนาชุดฝึกอบรมโดยใช้ฐานสมรรถนะอาชีพช่างวินิจฉัยข้อบกพร่องระบบควบคุมหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ภาษาอังกฤษ The Development of Competency-Based Training Package for Diagnosis Technicians on Electronically Fuel Injection Control System Engine of Gasoline Engine

ชื่อทุนวิจัย เบญจวิจัย 2558 สัญญา มรภ. เลขที่ /2558

แหล่งทุนสนับสนุน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ระยะเวลา 1 ปี

ผลการดำเนินงาน ผ่านการพิจารณาจากอนุกรรมการพิจารณาอยู่ระหว่างการจัดทำสัญญา

9.1.2 ภาษาไทย การสำรวจความพึงพอใจของประชาชนต่อการดำเนินงาน และที่มีต่อการให้บริการของเทศบาลตำบลชะมาย อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ประจำปีงบประมาณ 2558

ภาษาอังกฤษ The Satisfactions of Population's towards Chamai Subdisctrict Municipality Implementation and Service, Thung-Song

District, Nakhon Si Thammarat Province (B.E. 2558)

ชื่อทุนวิจัย ทุนจ้างที่ปรึกษา วิจัย และประเมินผลความพึงพอใจด้วยวิธีจัดจ้าง ปีงบประมาณ 2558 สัญญาเลขที่

แหล่งทุนสนับสนุน เทศบาลตำบลชะมาย อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ระยะเวลา 2 กันยายน 2558 – 2 ตุลาคม 2558

ผลการดำเนินงาน อยู่ระหว่างสรุปและจัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

9.1.3 ภาษาไทย ความพึงพอใจของประชาชนต่อการดำเนินงานของเทศบาลตำบลชะมาย อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ประจำปีงบประมาณ 2557

ภาษาอังกฤษ The Satisfactions of Population's towards Chamai Subdisctrict Municipality Implementation, Thung-Song District, Nakhon Si Thammarat Province (B.E. 2557)

ชื่อทุนวิจัย ทุนจ้างที่ปรึกษา วิจัย และประเมินผลความพึงพอใจด้วยวิธีตกลงราคา (TOR) ปีงบประมาณ 2557 สัญญาเลขที่ 21/2558 หนังสือที่ นศ.55102/398 ลว.20 กรกฎาคม 2558

แหล่งทุนสนับสนุน เทศบาลตำบลชะมาย อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ระยะเวลา 15 กรกฎาคม 2558 – 15 กันยายน 2558

ผลการดำเนินงาน ดำเนินการวิจัยเสร็จสมบูรณ์

9.1.4 ภาษาไทย โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาระบบแมคคาทรอนิกส์ยานยนต์สำหรับช่างซ่อมรถยนต์ด้วยวิธีการอ้างอิงเหตุผลฐานกรณี

ภาษาอังกฤษ The Automotive Mechatronics Technology Transfer project to Enhance Problem-Solving Skills for Automotive Technicians through a Case-Based Reasoning Approach

ชื่อทุนวิจัย เครือข่ายการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก สกอ.ภาคใต้ตอนบน 2558 สัญญาเลขที่ สกอ. 02/2558 ลว.12 พฤษภาคม 2558

แหล่งทุนสนับสนุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

ระยะเวลา 12 พฤษภาคม 2558 – 12 พฤษภาคม 2559

ผลการดำเนินงาน อยู่ระหว่างการวิเคราะห์ผลและสรุปผลการวิจัย

9.1.5 ภาษาไทย การพัฒนาชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ภาษาอังกฤษ The Development of Training Package on Automatic Mechanical Control Systems for Teaching of Undergraduate Industrial Technology Students

ชื่อทุนวิจัย เบญจวิจัย 2558 เลขที่ 25/2558

แหล่งทุนสนับสนุน สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ระยะเวลา 8 มกราคม 2558 – 8 กุมภาคม 2559

สถานภาพโครงการ ดำเนินการวิจัยเสร็จสมบูรณ์

9.1.6 ภาษาไทย การศึกษาสมรรถนะการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเพื่อรองรับการเข้าสู่ประชาคมอาเซียนของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ภาษาอังกฤษ A Study of Learner-Centered Instructional Competency to Promote the Asian Economic Community in Faculty of Industrial

Technology at Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

ชื่อทุนวิจัย การเตรียมความพร้อมเข้าสู่ประชาคมอาเซียน

แหล่งทุนสนับสนุน หน่วยวิเทศสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ระยะเวลา 1 สิงหาคม 2557 – 15 มีนาคม 2558

สถานภาพโครงการ ดำเนินการวิจัยเสร็จสมบูรณ์

9.1.7 ภาษาไทย การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ทางวิศวกรรมเครื่องกลตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์สำหรับนักศึกษาคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ภาษาอังกฤษ The Development of Learning Management Model ın Mechanical Engineering According to Constructivist Theory for Undergraduate Industrial Technology Students

ชื่อทุนวิจัย เบญจวิจัย ๒๕๕๖ เลขที่ ๐๔๒/๒๕๕๗

แหล่งทุนสนับสนุน สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ระยะเวลา 5 กุมภาพันธ์ 2557 – 5 กุมภาพันธ์ 2558

สถานภาพโครงการ ดำเนินการวิจัยเสร็จสมบูรณ์

9.1.8 ภาษาไทย การพัฒนาโปรแกรมการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาทางเทคโนโลยียานยนต์สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วยวิธีการอ้างอิงเหตุผลฐานกรณี

ภาษาอังกฤษ A Development of the Problem-Solving Skills Training Program for Undergraduate Automotive Technology Students through Case-Based Reasoning Approach

ชื่อทุนวิจัย ที่ ศธ 5810.3/7219 ลว. 18 สิงหาคม 2552 หมวดเงินอุดหนุน (ทุน ว.1) ประจำปีงบประมาณ

2553 และ ที่ ศธ 5810.3/32777 ลว. 25 พฤษภาคม 2553

หมวดเงินอุดหนุน (ทุน ว.1) ประจำปีงบประมาณ 2554

แหล่งสนับสนุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
บริษัท นิสสัน มอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด
บริษัท มิตซูบิชิ มอเตอร์ส (ประเทศไทย) จำกัด
บริษัท มิตซูปฐพีทอง จำกัด (สาขา ถนนมิตรภาพ)

ระยะเวลา 1 ตุลาคม 2552 – 30 กันยายน 25555

สถานภาพโครงการ ดำเนินการวิจัยเสร็จสมบูรณ์

9.1.9 ภาษาไทย การวิเคราะห์ความต้องการจำเป็นเพื่อใช้เป็นแนวทางจัดทำยุทธวิธีการพัฒนาหลักสูตรฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยียานยนต์สำหรับหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ภาษาอังกฤษ A Study of Needs Assessment to Identify The Competency-Based Curriculum Strategic in Automotive Technology for B.S. Ind. Ed. (Mechanical Engineering) at King Mongkut's University of Technology Thonburi

ชื่อทุนวิจัย หมวดเงินพัฒนาบุคลากร ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล ประจำปีงบประมาณ 2550 – 2552

แหล่งสนับสนุน ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ระยะเวลา 1 ตุลาคม 2552 – 30 กันยายน 2553

สถานภาพโครงการ ดำเนินการวิจัยเสร็จแล้วและส่งรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรียบร้อยแล้ว

9.1.10 ภาษาไทย การพัฒนาหน่วยสมรรถนะรายวิชาเทคโนโลยีระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์เพื่อพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ภาษาอังกฤษ The Unit of Competence Development on Automotive Electricity and Electronics Systems Technology Subject for Learners Capacity Improvement of Faculty of Industrial Education and Technology at King Mongkut's University of Technology Thonburi

ชื่อทุนวิจัย หมวดเงินพัฒนาบุคลากร ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล ประจำปีงบประมาณ 2548 – 2549

แหล่งทุนสนับสนุน ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ระยะเวลา 1 ตุลาคม 2548 – 30 กันยายน 2549

สถานภาพโครงการ ดำเนินการวิจัยเสร็จแล้วและส่งรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรียบร้อยแล้ว

9.1.11 ภาษาไทย การทดสอบสารเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อลื่นเครื่องยนต์

ภาษาอังกฤษ Testing of Automotive Engine Lubrication Additive Performance

ชื่อทุนวิจัย ทุนวิจัยหน่วยงานภายนอก ตามหนังสืออนุมัติที่ ศธ 5810/502 ลว. 24 กรกฎาคม 2549

แหล่งทุนสนับสนุน บริษัท มิราลูป จำกัด

ระยะเวลา 1 กรกฎาคม 2548 – 30 พฤศจิกายน 2549

สถานภาพโครงการ ดำเนินการวิจัยเสร็จแล้วและส่งรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรียบร้อยแล้ว

9.2 งานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่ :

ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ ประกอบด้วย

9.2.1 บทความวิจัยที่ได้รับการตอบรับให้ลงตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติที่มีผู้พิจารณาผลงานอย่างเข้มข้นจำนวนไม่น้อยกว่า 2 คนและมีฐานข้อมูลที่สามารถสืบค้นได้จากอินเตอร์เน็ต และมีรายชื่ออยู่ในฐานข้อมูล SCOPUS จำนวน 1 เรื่อง [*ป.เอก]

Sudsomboon, W., & Anmanatrakul, A. (2011). Effect*s* of a Computer-Assisted Concept Mapping Learning Strategy on Automotive Troubleshooting Tasks. **The Social Sciences,** 6 (6), 463-472.

9.2.2 บทความวิจัยและบทความวิชาการที่ได้รับการตอบรับให้ลงตีพิมพ์ในวารสารวิชาการชั้นนำระดับชาติ จำนวน 16 เรื่อง ที่มีค่าผลกระทบการอ้างอิงของไทย (Thai-Journal Citation Index: TCI) ที่มีรายชื่ออยู่ในฐานข้อมูล สกอ. และ สมศ. และมีฐานข้อมูลที่สามารถสืบค้นได้จากอินเตอร์เน็ตที่มิได้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาเพื่อรับปริญญา

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. ผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานด้วยการใช้ปัญหาเป็นฐานและการใช้ฐานสมรรถนะเพื่อเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ในรายวิชาระบบแมคคาทรอนิกส์ยานยนต์. **วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.**, (accepted).

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. (2558). การศึกษาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ด้วยการจัดสภาพการเรียนรู้แบบสืบค้นสำหรับรายวิชาการออกแบบเครื่องจักรกล 1. **วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 6 (2),** (accepted).

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. (2557). การใช้ยุทธวิธีการเรียนรู้ด้วยวิธีการอ้างอิงโดยใช้ฐานกรณีเพื่อการสอนวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบทางกล. **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, 1 (2),** 65-85.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. (2557). ผลของยุทธวิธีการเรียนรู้เพื่อเพิ่มพูนทักษะการแก้ปัญหาระบบแมคคาทรอนิกส์ยานยนต์สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีเครื่องกล. **วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 5 (2),** 1-13.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. (2556). Core Competency Development for Thai Automotive Service Technicians: The Stakeholder-Driven Consensus Approach. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,** 23 (2), 268-279.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์ และบุญส่ง เหมวัฒน์. (2555). The Development of Automotive Mechatronic Systems Training Strategy for Enhancing Problem Solving Skills within Current Situation. **วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี),** 4 (8), 51-69.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. (2554). ผลของการเรียนรู้โดยใช้ผังมโนทัศน์ด้วยคอมพิวเตอร์: นวัตกรรมการเรียนรู้ทางครุศาสตร์อุตสาหกรรม. **วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ**, 2 (2), 11-19.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. (2553). ก้าวสู่การเรียนรู้อย่างยั่งยืนด้วยการพัฒนาสมรรถนะความเป็นมืออาชีพ: การศึกษารายวิชางานบริการระบบปรับอากาศรถยนต์. **วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.,** 33 (4), 263-279.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์ และอนุศิษฏ์ อันมานะตระกูล. (2553). Innovative of an Instructional Design for Thai Industrial Education through Case-Based Reasoning.**วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,** 20 (3), 620-632.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. (2553). Applications of Competency-Based Education: In the Context of Diversity and Change. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,** 20 (2), 370 – 381.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. (2553). Applications of Competency-Based Education: In the Context of Diversity and Change. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,** 20 (2), 370 – 381.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. (2553). รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรฐานสมรรถนะสำหรับรายวิชาเทคโนโลยียานยนต์. **วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,** 1 (2), 65–76.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. (2553). Learning Innovation in Technology: Towards a Training Package for Sustainability Training to Solve the Problems. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,** 20 (1), 17-27.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์ ปรีชา วงค์รอด และปิยะพงศ์ อินทร์จันทร์. (2552). ความความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนของภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. **วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.,** 32 (2-3), 303-316.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. (2552). A Development of Competency Analysis Profile on Automatic Transmission Service Course for Training Undergraduate Students. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,** 19 (1), 43-54.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. (2550). การพัฒนาหน่วยสมรรถนะรายวิชาเทคโนโลยีระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์เพื่อพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,** 30 (4), 56-64.

9.2.3 บทความวิจัยที่ตีพิมพ์ในรายงานการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ (Proceeding) ที่มีผู้พิจารณาผลงานอย่างเข้มข้นจำนวนไม่น้อยกว่า 2 คน และหรือมีฐานข้อมูลที่สามารถสืบค้นได้จากอินเตอร์เน็ตที่มิได้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาเพื่อรับปริญญาในสังกัดมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จำนวน 9 เรื่อง

Pursom, S., Sudsomboon, W., & Yanil, S. (2014). Designing a Competency-Based Training Framework for Teachers' Vocational Education in the Motorcycle Service Course. **In**

Proceeding of the 7th International Conference on Educational Research (ICER 2014), September 13-14, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, 115-125.

Sudsomboon, W., Suebsomran, A., & Attaphut, P. (2014). Applications of Case-Based Reasoning Approach to Promote Well Teaching and Learning in Dynamic System Modeling and Analysis Subject. **In Proceeding of the 7th International Conference on Educational Reform (ICER 2014).** March 15-16. Houng Giang Hotel, Hue, Vietnam, pp 70-84.

Sudsomboon, W. (2013). Using a Competency Standards Design to Teach the Challenge of Sustainable Rural Community Development. **In Proceeding of the 1st International Conference of Technical Education "Engineering & Technical Education" (ICTechEd 2013),** November 28-29, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand. pp. 51-56.

Sudsomboon, W. (2013). The Effect of Inquiry-based Learning Environment on Undergraduate Mechanical Technology Students' Achievement in Mechanical Engineering Course. **In Proceeding of the 6th International Conference on Educational Research (ICER 2013),** September 13-14, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, pp. 622-628.

Sudsomboon, W. (2013). Applying Case-Based Reasoning to Teach Analysis of Non-Holonomic Mechanical Systems. **In Proceeding of the 3rd International Conference on Sciences and Social Sciences 2013: Research and Development for Sustainable Life Quality (ICSSS 2013).** July 18-19. Rajabhat Maha SaraKham University, Maha Sarakham, Thailand, pp. 17-25.

Sudsomboon, W., Malavej, V., Siripan, A., Srisuk, S., & Hemwat, B. (2013). Improving Problem-Solving Skills for Undergraduate Mechanical Technology: A Case Study of Mechanical System Modeling. **In Proceeding of the 11th International Conference on Developing Real-Life Learning Experience: Learning Innovation for ASEAN (DRLE 2013).** May 3. Faculty of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, pp. 07-1-07-14.

Sudsomboon, W., & Maungmungkun, T. (2013). Integrating Case-Based Reasoning Approach in an Undergraduate Industrial Technology Research Course. **In Proceeding of the 6th International Conference on Educational Reform (ICER 2013).** February 23-24. Sokha Angkor Resort, Siem Reap, Cambodia, pp. 220-226.

Maungmungkun, T., & Sudsomboon, W. (2013). A Comparison Study of Competencies between Problem-Based Learning and Conventional learning for Undergraduate Industrial Management Technology Students. **In Proceeding of the 3rd Indian Ocean Comparative Education Society Conference: Challenging Education for Future Change (IOCES 2013).** January 21-23. Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, pp. 221-226.

Kaewkongtham, K., Ruangpradap, M., Mompiboon, P., Sudsomboon W., Wongklang W., & Weerapong P. (2013). Problem-Based Learning in Electric Prototype Car Project: Innovation of Learning Activities. **In Proceeding of the 3rd Indian Ocean Comparative Education Society Conference: Challenging Education for Future Change (IOCES 2013).** January 21-23. Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, pp. 111-115.

9.2.4 บทความวิจัยที่ตีพิมพ์ในรายงานการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ (Proceeding) ที่มีผู้พิจารณาผลงานอย่างเข้มข้นจำนวนไม่น้อยกว่า 2 คน และหรือมีฐานข้อมูลที่สามารถสืบค้นได้จากอินเตอร์เน็ตที่มิได้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาเพื่อรับปริญญา จำนวน 19 เรื่อง (จากต้นสังกัดเดิม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)

Sudsomboon, W., Anmanatrakul, A., Panyasompak, S., & Hemwat, B. (2012). Enhancing Pre-service Vocational Education Teachers' Professional Development: An Examination of Automotive Mechatronics Systems on Crucial Factors. **In Proceeding of the 5th International Conference on Educational Research (ICER 2012),** September 8-9, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, pp. 108-116.

Sudsomboon, W., Kaewkuekool, S., Maungmungkun, T., MacLean, T., & Kornpitack, T. (2012). Instructional Design for the Development of Career Professional Competencies of Industrial Technology Education in Thailand. **In Proceeding of the 5th International Conference on Educational Research (ICER 2012),** September 8-9, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, pp. 100-107.

Sudsomboon, J., Santavaja, L., & Sudsomboon, W. (2012). Innovations of Problem Solving Strategies and Nursing Diagnosis Skills in the Thai Clinical Setting: A Review of the Literature. **In Proceeding of the 5th International Conference on Educational Research (ICER 2012),** September 8-9, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, pp. 28-35.

Sudsomboon, W. (2011). The Effects of Concept Mapping and Case-based Learning Instructional Approaches on Automotive Problem Solving Skill. **In Proceeding of Career and Technical Education Research and Professional Development (CTER 2011) Conference.** November 15-17,

Renaissance St. Louis Grand Hotel, St. Louis, Missouri, USA, p. 4.

Sudsomboon, W., & Hemwat, B. (2011). The Influence of Learning to Troubleshoot on Self-efficacy and Metacognitive Prompting on Automotive Problem-Solving Efficiency. **In Proceeding of the 4th International Conference on Educational Research (ICER 2011),** September 9-10, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, pp. 506-512.

Sudsomboon, W. (2009). Emerging Competency-Based Education of Diversity Context for Thai Vocational Education and Training. **In Proceeding of the 1st International Conference on Technical Education (ICTE 2009),** January 21-22, 2010, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand, pp. 67-71.

Sudsomboon, W. (2009). A Professional Development Model for Generic Competency in Automotive Service Technicians. **In Proceeding of the 1st International Conference on Technical Education (ICTE 2009),** January 21-22, 2010, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand, pp. 20-24.

Sudsomboon, W., Anmanatarkul, A., & Panyasompun, S. (2009). Towards Sustainable Development Regardless of Professional Competency: A Study of Automotive Air Conditioning Service Course. **In Proceeding of Educational Research Association of Singapore (ERAS) Conference 2009,** November 19-20, Nanyang Technological University, Singapore, p. 75.

Sudsomboon, W., Kongsuwan, S., & Pajantavanit, P. (2009). Implementation of a Problem Based Learning in Teaching Principle of Teaching Vocational and Technical Education. **In Proceeding of the 2nd International Conference on**

Educational Research (ICER) 2009, September 11-12, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, pp. 537-545.

Sudsomboon, W., & Hemwat, B. (2009). The Effectiveness of Web-based Training Applications in Automotive Electronic Systems. **In Proceeding of the 8th IASTED International Conference on Web-based Education (WBE 2009),** March 16-18, Novotel Phuket Resort, Patong, Phuket, Thailand, pp. 265-271.

Sudsomboon, W. (2008). Construction of an Automotive Technology Competency Analysis Profile for Training Undergraduate Students . A Case Study of Automotive Body Electrical Technology Systems. **In Proceeding of the 4th International Conference on EDU-COM 2008 SUSTAINABILTY IN HIGHER EDUCATION : DIRECTIONS FOR CHANGE,** November 19-21, Pullman Khon Kaen Raja Orchid, Khon Kaen, Thailand, pp. 427-442.

Sudsomboon, W., Anmanatarkul, A., & Sudsomboon, J. (2008). Effects of an Automotive Scan Tools Training Material Package on Problem Solving Skills for Undergraduate Students. **In Proceeding of the 1st International Conference on Educational Research (ICER) 2008,** September 12-13, Charoen Thani Princess Hotel, Khon Kaen, Thailand, p. 125.

Sudsomboon, W., Hemwat, B , Seehamat, T., & Sudsomboon, J. (2008). The Appropriateness of Automotive Technology Education Curricular Content through Competencies as Perceived by Training Instructors. **In Proceeding of the 6th International Conference on Developing Real-Life Learning Experiences: Technologies for Education (ERTE 2008),** August 7-8, King Mongkut's Institute ofTechnology Ladkrabang (KMITL), Bangkok, Thailand, pp. 118-125.

Sudsomboon, W. (2008). Development of a Competency Analysis Profile Model for Training Undergraduate Automotive Technology Students at KMUTT: Automotive Transmission Systems Diagnosis and Repair. **In Proceeding of the International Conference on Educational Leadership in Cultural Diversity and Globalization (ICFE 2008),** April 8-10, Graceland Resort & Spa, Phuket, Thailand, pp. 524-532.

Sudsomboon, W. (2007). A Development of Online Instructional Package on Automotive Transmission Systems for Mechanical Technology Education Program. **In Proceeding of the 1st International Conference on Educational Reform 2007 (ICER 2007),** November 9-11, Sofitel Raja Orchid, Khon Kaen, Thailand, pp. 154-167.

Sudsomboon, W., Anmanatarkul, A., & Hemwat, B. (2007). Module Description for Implementing: Towards Interdisciplinary Skills Approach on Modern Automotive Technology Subject. **In Proceeding of the 1st International Conference on Science Education in Asia-Pacific (SciEd Asia-Pacific 2007),** November 28-29, Sofitel Centara Grand Bangkok Hotel, Thailand.

Sudsomboon, W. (2007). Designing and Developing Competency-based Performance Improvement Through the Instructional Package of Electronic Fuel Injection Control System on Automotive Engine Electronics Control Technology Course. **In Proceeding of the ICASE Asian Symposium 2007,** November 6-9, Welcome Jomtien Beach Hotel, Pattaya, Cholburi, Thailand, p. 72.

Sudsomboon, W. (2007). Construction of a Competency-based Curriculum Content Framework for Mechanical Technology Education Program on Automotive Technology Subjects. **In Proceeding of the ICASE Asian Symposium 2007,** November

6-9, Welcome Jomtien Beach Hotel, Pattaya, Cholburi, Thailand, p. 147.

Mungkung, N., & Sudsomboon, W. (2003). A Study of the Instability Phenomena in Low Current Vacuum Arc. **In Proceeding of the 4th International Conference Plasma Physics and Plasma Technology,** September 15-19, Minsk, Belarus.

9.2.5 ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่ในการประชุมวิชาการระดับชาติที่มีผู้พิจารณาผลงานอย่างเข้มข้นจำนวนไม่น้อยกว่า 2 คน และหรือมีฐานข้อมูลที่สามารถสืบค้นได้จากอินเตอร์เน็ต ที่มิได้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาเพื่อรับปริญญา จำนวน 3 เรื่อง (จากต้นสังกัดเติมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์, ธีรวัฒน เกื้อชู, และธีระพล วายุเวช. (2551). สภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเทคโนโลยียานยนต์ตามความคิดเห็นของอาจารย์ผู้สอนในระดับอุดมศึกษา. **การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 3,** 18-19 ธันวาคม, โรงแรม เอส ดี อเวนิว, กรุงเทพฯ, หน้า 47-66.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. (2550). การนำเสนอรูปแบบการพัฒนามาตรฐานสมรรถนะรายวิชาเทคโนโลยีระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์โดยบูรณาการกระบวนการเรียนรู้ที่พึงประสงค์เพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียนของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. **การประชุมทางวิชาการ "การวิจัยทางการศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 12",** 15-16 พฤศจิกายน, โรงแรมแอมบาสซาเดอร์, กรุงเทพฯ, หน้า 462-472.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์, อนุศิษฐ์ อันมานะตระกูล และบุญส่ง เหมวัฒน์. (2550). รูปแบบการกำหนดสมรรถนะเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการปฏิบัติงานในรายวิชาเทคโนโลยีระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์ของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. **การประชุมสัมมนาการวิจัยทางการศึกษา "ความ**

เคลื่อนไหวทางการปฏิรูปการศึกษา: นวัตกรรมทางเทคโนโลยีศึกษาและมุมมองด้านการเรียนการสอน", 14-15 กันยายน, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, จ.ขอนแก่น, หน้า 327-336.

9.2.6 ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติและระดับชาติ ที่มีผู้พิจารณาผลงานอย่างเข้มข้นจำนวนไม่น้อยกว่า 2 คนและหรือมีฐานข้อมูลที่สามารถสืบค้นได้จากอินเตอร์เน็ต ที่เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาเพื่อรับปริญญา จำนวน 8 เรื่อง (จากต้นสังกัดเดิมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)

Sudsomboon, W., & Anmanatarkul, A. (2009). The Use of Concept Mapping to Organize Problem Solving Skills of Thai Automotive Service Technicians. **In Proceeding of the 1st International Conference on Learning & Teaching and EDUCA 2009,** October 15-17, Bangkok International Trade and Exhibition Centre (BITEC), Bangkok, Thailand, p. 25. [*ป.เอก]

Sudsomboon, W., & Anmanatarkul, A. (2009). A Study of Contextual Conditions on Problem Solving Skills Training Program for Automotive Service Technicians. **In Proceeding of the 2nd International Conference on Educational Reform 2009 (ICER 2009),** March 25-27, Charoensri Grand Royal Hotel, Udonthani, Thailand, p. 131. [*ป.เอก]

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์ และอนุศิษฏ์ อันมานะตระกูล. (2551). A Competency Analysis Profile Model for Training Undergraduate Automotive Technology Students at KMUTT: Automotive Engine Service and Repair. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 9, 14-15 มีนาคม, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา, จ.ชลบุรี, หน้า 95. [*ป.เอก]

Sudsomboon, W., & Anmanatarkul, A. (2007). Competency-Based Curriculum Development on Automotive Technology

Subjects for Mechanical Technology Education Program. **In Proceeding of the 5th International Conference on Developing Real-Life Learning Experiences: Education Reform through Educational Standards,** August 2-3, Faculty of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL), Bangkok, Thailand, pp. 35-44. [*ป.เอก]

Sudsomboon, W., Anmanatarkul, A., & Hemwat, B. (2007). Development of a Competency-Based Instruction on Automotive Suspension System Subject. **In Proceeding of the 5th International Conference on Developing Real-Life Learning Experiences: Education Reform through Educational Standards,** August 2-3, Faculty of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL), Bangkok, Thailand, pp. 51-57. [*ป.เอก]

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. (2549). การบริหารอาชีวศึกษาเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันภายใต้กรอบการดำเนินงาน "ปัญจะปฏิรูป" ของผู้บริหารสถานศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. **การประชุมทางวิชาการ "วิถีวิจัยทางการศึกษาและอาชีพเพื่อการพัฒนาสู่สากล",** 13-14 กุมภาพันธ์, โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว, จ.เชียงใหม่, หน้า 43. [*ป.โท]

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์, มาลัย จีรวัฒนเกษตร์ และกฤษมันต์ วัฒนาณรงค์. (2549). การบริหารอาชีวศึกษาตามกรอบแนวคิด "ปัญจะปฏิรูป" ของผู้บริหาร สถานศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. การประชุมทางวิชาการเสนอผลงานวิทยานิพนธ์ ครั้งที่ 8 บัณฑิตวิทยาลัย, 20 มกราคม, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, จ.ขอนแก่น, หน้า 136-137. [*ป.โท]

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์, มาลัย จีรวัฒนเกษตร์ และกฤษมันต์ วัฒนาณรงค์. (2548). สภาพการจัดการอาชีวศึกษาตามแนวทางการดำเนินงาน "ปัญจะปฏิรูป" ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. การประชุม

วิชาการทางการศึกษา เรื่อง "การสร้างองค์ความรู้ทางการศึกษา : ฐานคิดจากงานวิจัย. 9-10 กันยายน, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, จ.ขอนแก่น, หน้า 103-104. [*ป.โท]

9.2.7 รางวัลบทความวิจัยยอดเยี่ยมจากการนำเสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการ

รางวัลบทความวิจัยยอดเยี่ยม (Excellent Paper Award)

Sudsomboon, W. (2007). A Development of Online Instructional Package on Automotive Transmission Systems for Mechanical Technology Education Program. **In Proceeding of the 1st International Conference on Educational Reform (ICER 2007)**, November 9-11, Sofitel Raja Orchid, Khon Kaen, Thailand, pp. 154-167.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. 2550. การนำเสนอรูปแบบการพัฒนามาตรฐานสมรรถนะรายวิชาเทคโนโลยีระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์โดยบูรณาการกระบวนการเรียนรู้ที่พึงประสงค์เพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียนของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. **การประชุมทางวิชาการ "การวิจัยทางการศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 12",** 15-16 พฤศจิกายน, โรงแรมแอมบาสซาเดอร์, กรุงเทพฯ, หน้า 462-472.

รางวัลชมเชยบทความวิจัยเพื่อการพัฒนาซอฟแวร์เพื่อการเรียนรู้

"The 5th International Software Competition of Non-Commercial Software Systems for WBE area"

Sudsomboon, W & Hemwat, B. (2009). The Effectiveness of Web-based Training Applications in Automotive Electronic Systems. **In Proceeding of the 8th IASTED International Conference on Web-based Education (WBE 2009),** March 16-18, Novotel Phuket Resort, Patong, Phuket, Thailand, pp. 265-271.

10. การฝึกอบรม/ศึกษาดูงาน ณ ต่างประเทศ

10.1 เข้าร่วมโครงการฝึกอบรมทักษะการเขียนเชิงวิชาการ (Academic Writing Skills) เพื่อให้ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ จัดโดยสมาคมการจัดการศึกษาทางอาชีวะและเทคนิคศึกษาแห่งสหรัฐอเมริกา (Association for Career and Technical Education) ร่วมกับ Pennsylvania State University, University of Missouri, Columbia และ Virginia Tech Institute ประเทศสหรัฐอเมริกา วันที่ 13 – 17 พฤศจิกายน 2554 ณ University of Missouri, Columbia ด้วยทุนสนับสนุนตามหนังสืออนุมัติที่ ศธ 5810.3/7219 ลว. 25 พฤษภาคม 2553 หมวดเงินอุดหนุน (ทุน ว.1) ประจำปีงบประมาณ 2554 จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

10.2 ศึกษาดูงานทางด้านการจัดการอาชีวศึกษา ณ Nanyang Polytechnic และ ITE (EAST) ประเทศสิงคโปร์ ระหว่างวันที่ 14 - 16 กันยายน 2549 ตามหนังสืออนุมัติที่ ศธ 5801.8/ สทบ./1 ลว.4 กันยายน 2549

10.3 เข้าร่วมการฝึกอบรม หลักสูตร Advanced Vocational Training for APEC Member Countries ในสาขาเทคโนโลยียานยนต์ ณ ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี ด้วยทุนสนับสนุน Korea International Cooperation Agency (KOICA) ณ Seoul Institute for Vocational Training in Advanced Technology ระหว่างวันที่ 6 ตุลาคม - 19 พฤศจิกายน 2547 ตามหนังสืออนุมัติ ที่ ศธ 817/0719 ลว. 29 กรกฎาคม 2547 และ MOE 0507/3039 August 9, 2004 ที่ ศธ 5801.8/สทบ. ลว. 13 กันยายน 2547

11. วิทยากรรับเชิญบรรยายพิเศษ

11.1 วิทยากรรับเชิญบรรยายทางวิชาการ เรื่อง ขั้นตอนการดำเนินการเขียนบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติและระดับนานาชาติ ระหว่างวันที่ 20 – 24 มกราคม 2557 ณ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพฯ ตามหนังสือที่ ศธ 0567.6/39 ลว.16 มกราคม 2557

11.2 วิทยากรรับเชิญบรรยายทางวิชาการ เรื่อง การพัฒนาสมรรถนะงานสอนและฝึกอบรมทางช่างยนต์โดยใช้นวัตกรรมการเรียนรู้ทางเทคโนโลยี ในการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนและพิจารณาผลการประกวดสถานที่

เรียนรู้เฉพาะทาง จัดโดยสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ณ โรงแรมตวันนา กรุงเทพฯ วันที่ 17 กรกฎาคม 2552

11.3 วิทยากรรับเชิญบรรยายทางวิชาการ เรื่อง การจัดทำหลักสูตรฐานสมรรถนะสำหรับสถานศึกษา ณ ห้องประชุมราชพฤกษ์ โรงเรียนกุลศิริเทคโนโลยี กรุงเทพฯ ระหว่าง วันที่ 14 -15 พฤษภาคม 2550

11.4 วิทยากรรับเชิญบรรยายทางวิชาการ การฝึกอบรมหลักสูตรผู้ปฏิบัติงานโครงการสาธิตเทคโนโลยี เรื่อง การป้องกันมลพิษสำหรับสถานบริการรถยนต์ ณ สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย กรมควบคุมมลพิษ กรุงเทพฯ วันที่ 19 เมษายน 2547

12. ตำรา/เอกสารประกอบการสอน

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. 2556. **วิศวกรรมยานยนต์.** (เอกสารอัดสำเนา): คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. 2552. **คู่มือการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงระบบควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงด้วยอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน สำหรับรายวิชา MTE 373 Automotive Technology III.** (เอกสารอัดสำเนา): คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. 2550. **หลักการอาชีวะและเทคนิคศึกษา เล่ม 1.** (เอกสารอัดสำเนา): คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. 2550. **หลักการอาชีวะและเทคนิคศึกษา เล่ม 2.** (เอกสารอัดสำเนา): คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

13. ตำแหน่งทางการบริหาร

13.1 คำสั่งคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชที่ 025/2557 ลว.19 สิงหาคม 2557 เรื่อง แต่งตั้งผู้ดำรงตำแหน่งผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิจัยและพัฒนา

14. ผู้ทรงคุณวุฒิและบทบาทในวงการวิชาชีพ (บางส่วน)

ปีงบประมาณ 2558

1) อนุกรรมการพิจารณางบประมาณข้อเสนอโครงการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2558 ตามคำสั่งมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ตามคำสั่งที่ 2190/2557 ลว.31 ก.ค. 57
2) อนุกรรมการพิจารณาข้อเสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อการวิจัย ตามคำสั่งที่ 3265/2557 ลว.4 พ.ย. 57
3) ประธานกรรมการกิจกรรม "การทำปุ๋ยหมักชีวภาพและการปลูกพืชไร้ดิน" เพื่อการขับเคลื่อนการดำเนินงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช (อพ.สธ.) ประจำปีงบประมาณ 2558 ตามคำสั่งที่ 158/2558 ลว.13 มกราคม 2558
4) คณะกรรมการคัดกรองบทความวิจัยเพื่อนำเสนอในเวทีวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์งานราชภัฏวิชาการ ประจำปี 2558 ตามคำสั่งที่ 334/2558 ลว.26 มกราคม 2558
5) คณะกรรมการจัดทำระบบกลไกเพื่อพัฒนาคุณภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ตามคำสั่งที่ 1043/2558 ลว.30 มีนาคม 2558
6) คณะกรรมการจัดประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ "ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ 3" ตามคำสั่งที่ 1201/2558 ลว.17 เมษายน 2558
7) ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิจัย (Peer-reviewed) การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏสุราษฎร์ธานีวิจัย ครั้งที่ 11 ตามหนังสือที่ ศธ 0561.6/097 ลว.9 กรกฎาคม 2558

ปีงบประมาณ 2557

1) ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิจัย/บทความวิชาการ (Peer-reviewed Journals) วารสารการอาชีวะและเทคนิคศึกษา ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีทางอาชีวศึกษา สำนักวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
2) ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิจัย/บทความวิชาการ (Peer-reviewed Journals) วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

3) กองบรรณาธิการวารสาร "วิชชา" สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครศรีธรรมราช ตามคำสั่งมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ 319/2557 ลว.3 กุมภาพันธ์ 2557
4) คณะกรรมการพัฒนาวารสารของมหาวิทยาลัยให้มีมาตรฐานชาติ และมุ่งสู่ความเป็นสากล ตามคำสั่ง มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ 3201/2556 ลว.1 พ.ย. 2556
5) เลขานุการหลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
6) คณะกรรมการบริหารหลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ตามคำสั่งมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ 1212/2556
7) คณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ตามคำสั่งมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ 303/2557 ลว.1 ก.พ. 57
8) ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิจัย (Peer-reviewed) การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏสุราษฎร์ธานีวิจัย ครั้งที่ 10 "งานวิจัยและงานสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาท้องถิ่นที่ยั่งยืน" ตามหนังสือที่ ศธ 0561.6/ว 108 ลว.8 กรกฎาคม 2557

ปีงบประมาณ 2556

1) ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิจัย (Peer-reviewed) การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏสุราษฎร์ธานีวิจัย ครั้งที่ 9 "การวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่นสู่ประชาคมอาเซียน"
2) ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิจัย (Peer-reviewed) การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2556 (IE Network Conference 2013) ตามหนังสือที่ IE Network 2013/008 ลว.6 สิงหาคม 2556
3) ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยและให้คำปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้กับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา และบุคลากรทางการศึกษาเพื่อขอกำหนดตำแหน่งที่สูงขึ้นในสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ อาทิ
   - สาขาวิจัยและประเมินผลทางการศึกษา และสาขาการบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
   - สาขาการบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
   - สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
   - สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏฯ
   - วิทยาลัยชุมชนสมุทรสาคร

15. สถานภาพทางวิชาชีพควบคุม

15.1 ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพครู ประเภทสามัญ เลขที่ 52209004632213

15.2 ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมสาขาเครื่องกล ระดับภาคีวิศวกร เลขทะเบียน ภก. 23526

16. ภาระงานสอน

ระดับปริญญาโท	**หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม**
5907201	การจัดการเรียนรู้ทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
5907704	การควบคุมคุณภาพในงานอุตสาหกรรมชั้นสูง
5907903	สัมมนาการวิจัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
5907904	วิทยานิพนธ์

ระดับปริญญาตรี	**หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต และหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล**
5503901	การวิจัยทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
5504591	โครงงานพิเศษทางเทคโนโลยีเครื่องกล
5504904	สัมมนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
5592103	การออกแบบเครื่องจักรกล 1
5592510	ระบบทำความเย็นและปรับอากาศ
5593510	วิศวกรรมยานยนต์
5593512	การปรับอากาศในรถยนต์
5593606	การถ่ายเทความร้อน
5594111	ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล
5594112	การออกแบบเครื่องจักรกล
5594603	การถ่ายเทความร้อน

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช โทร ๒๕๑

ที่ สวพ. ว๐๒๙/๒๕๕๘ **วันที่** ๒๑ มกราคม ๒๕๕๘

เรื่อง ส่งสัญญารับทุนอุดหนุนการวิจัย

เรียน ดร.วีระยุทธ สัตสมบูรณ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย สัญญารับทุนอุดหนุนการวิจัย จำนวน ๑ ฉบับ

ตามที่ท่านได้ลงนามสัญญารับทุนอุดหนุนการวิจัยกับมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๘ นั้น บัดนี้สัญญาทั้งสองฉบับได้ลงนามเป็นที่เรียบร้อยแล้ว สถาบันวิจัยและพัฒนาในฐานผู้ประสาน จึงขอส่งสัญญารับทุนอุดหนุนการวิจัยแก่ท่านจำนวน ๑ ฉบับ รายละเอียดดังสิ่งที่ส่งมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรศักดิ์ แก้วอ่อน)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

(แบบ สวพ.๒)
สัญญา มรภ. เลขที่ ๓๕/๒๕๕๘

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
สัญญารับทุนอุดหนุนการวิจัย

สัญญานี้ทำขึ้น ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ตั้งอยู่เลขที่ ๑ หมู่ที่ ๔ ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ ๘ เดือนมกราคมพ.ศ. ๒๕๕๘ ระหว่าง มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช โดยรองศาสตราจารย์วิมล ดำศรี ตำแหน่งอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า "ผู้ให้ทุน" ฝ่ายหนึ่งกับ นายวีระยุทธ สุดสมบูรณ์ ตำแหน่ง "หัวหน้าโครงการ" ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า "ผู้รับทุน" อีกฝ่ายหนึ่ง ทั้งสองฝ่ายได้ตกลงกัน มีข้อความดังต่อไปนี้

ก. การให้และรับทุน

ข้อ ๑. ผู้ให้ทุนตกลงให้ทุนอุดหนุนโครงการวิจัยแก่ผู้รับทุนประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๘ จำนวนเงิน ๖๐,๐๐๐ บาท (หกหมื่นบาทถ้วน) แก่ผู้รับทุน เพื่อการวิจัย เรื่อง "การพัฒนาชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม" โดยมีระยะเวลาดำเนินการของการวิจัย ๑ (หนึ่ง) ปี นับตั้งแต่วันที่ ๘ เดือนมกราคม พ.ศ. ๒๕๕๘ ถึงวันที่ ๘ เดือนมกราคม พ.ศ. ๒๕๕๙

ข้อ ๒. การเบิกจ่ายเงินทุนอุดหนุนการวิจัย ผู้ให้ทุนจะแบ่งจ่ายทุนสำหรับการทำวิจัยเป็นงวดๆ ดังนี้

งวดแรก ร้อยละ ๔๐ (สี่สิบ) ของทุนที่ได้รับภายหลังจากผู้รับทุนลงนามในสัญญารับทุนอุดหนุนการวิจัยกับผู้ให้ทุนแล้ว

งวดที่สอง ร้อยละ ๓๐ (สามสิบ) ของทุนที่ได้รับ เมื่อผู้รับทุนส่งรายงานความก้าวหน้าของการวิจัย พร้อมทั้งผลการวิจัยเบื้องต้น และนำเสนอความก้าวหน้าของการวิจัยด้วยวาจาในรูปแบบของ Power Point ตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด

งวดที่สาม ร้อยละ ๓๐ (สามสิบ) ของทุนที่ได้รับ เมื่อผู้รับทุนส่งรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน ๓ เล่ม บทความการวิจัย (Full Paper) จำนวน ๑ ชุด พร้อมแผ่น CD จำนวน ๑ แผ่น ซึ่งมีเนื้อหาและรูปแบบตามข้อกำหนด TOR ของมหาวิทยาลัย ทั้งนี้มหาวิทยาลัยจะหักไว้ ๑๐% เพื่อให้นักวิจัยดำเนินการปรับแก้บทความการวิจัย (Full Paper) จนสามารถได้รับการตีพิมพ์ ในวารสารวิชาการ กรณีที่นักวิจัยได้รับการตีพิมพ์แล้วให้ส่งข้อมูลการตีพิมพ์ไปยังสถาบันวิจัยและพัฒนาด้วย

ข. การดำเนินงาน

ข้อ ๓. ผู้รับทุนได้รับทราบเข้าใจระเบียบและเงื่อนไขการรับทุนตามสัญญานี้โดยตลอด และยินยอมปฏิบัติตามระเบียบดังกล่าว โดยเคร่งครัด และรับรองว่าจะส่งรายงานการวิจัยตามเงื่อนไขที่ผู้ให้ทุนกำหนด

ข้อ ๔. ผู้รับทุนจะทำการวิจัยด้วยความวิริยะอุตสาหะ และรับรองว่าจะไม่นำงานตามโครงการวิจัยบางส่วนหรือทั้งหมดไปให้ผู้อื่นรับช่วง เว้นแต่จะได้รับความยินยอมจากผู้ให้ทุนเป็นหนังสือก่อน ผู้ให้ทุนมีสิทธิที่จะให้ความเห็นชอบกับการเปลี่ยนแปลงนั้น หรือปรับเปลี่ยนโครงการ หรือยุติการสนับสนุนทุนวิจัยได้ตามความเหมาะสม

ข้อ ๕. กรณีไม่สามารถทำการวิจัยตามโครงการให้แล้วเสร็จได้ภายในกำหนดเวลาตามข้อ ๑ หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุนต้องแจ้งเหตุผลให้ผู้ให้ทุนทราบเป็นหนังสือและขออนุมัติขยายเวลาก่อนวันสิ้นสุดสัญญาไม่น้อยกว่า ๓๐ (สามสิบ) วัน ทั้งนี้ ผู้ให้ทุนทรงไว้ซึ่งสิทธิที่จะพิจารณาอนุมัติให้ขยายเวลาหรือไม่ก็ได้ โครงการที่ได้รับอนุมัติให้ขยายเวลาได้จะถือเอาวันสุดท้ายของการขยายเวลาเป็นวันกำหนดส่งมอบผลงาน หากพ้นกำหนดนั้น ให้ถือว่าโครงการส่งผลงานล่าช้า

ข้อ ๖. หากเกิดอุปสรรคไม่สามารถทำการวิจัยได้ด้วยประการใดก็ดี หรือประสงค์จะขอยุติโครงการวิจัย ผู้รับทุนต้องมีหนังสือแจ้งให้ผู้ให้ทุนทราบเป็นหนังสือและคืนเงินที่ได้รับไปแล้วทั้งหมดพร้อมดอกเบี้ยร้อยละ ๐.๑๐ ให้แก่มหาวิทยาลัยทันที

ข้อ ๗. หัวหน้าโครงการต้องรับผิดชอบการดำเนินการวิจัย โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ร่วมงาน ตัวอย่างที่ใช้ทดลอง และสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ ให้เป็นไปตามจริยธรรมการวิจัย

ค. ผลงาน

ข้อ ๘. ในการโฆษณาเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารอันเกี่ยวกับผลงานของงานวิจัยตามโครงการในสิ่งพิมพ์ใดหรือสื่อใดในแต่ละครั้ง หัวหน้าโครงการผู้รับทุนต้องระบุข้อความไว้ที่หน้าปกว่า "*ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา*" ให้มีตราของผู้ให้ทุนปรากฏอยู่บนหน้าปกด้วย และ "*ความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้วิจัย มหาวิทยาลัยไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป*" และส่งสำเนาของสิ่งที่ได้โฆษณาเผยแพร่นั้นให้ผู้ให้ทุนจำนวน ๑ (หนึ่ง) ชุดด้วย

ในกรณีที่ผู้รับทุนประสงค์จะนำผลงานอันเนื่องมาจากโครงการนี้ไปใช้ในเชิงพาณิชย์หรือในการใดๆ อันก่อให้เกิดรายได้หรือผลประโยชน์ตอบแทน ผู้รับทุนจะต้องดำเนินการตามที่ผู้ให้ทุนกำหนดและได้รับความยินยอมเป็นหนังสือจากผู้ให้ทุนก่อน

ข้อ ๙. ในกรณีที่ผู้ร่วมวิจัยหลายคน ผู้รับทุนจะตรวจสอบดูแลให้ผู้ร่วมวิจัยทุกคนปฏิบัติตามระเบียบและข้อกำหนดของผู้ให้ทุนอย่างเคร่งครัด

ข้อ ๑๐. ผลการวิจัยที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยตามสัญญานี้ ไม่ว่าจะเป็นสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาใดๆ ผู้รับทุนยินยอมให้เป็นกรรมสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

ง. สิทธิและการยกเลิกสัญญา

ข้อ ๑๑. หัวหน้าโครงการจะต้องรับผิดต่อการละเมิดบทบัญญัติแห่งกฎหมาย หรือสิทธิใดๆ ในสิทธิบัตรหรือลิขสิทธิ์ของบุคคลที่สาม ซึ่งหัวหน้าโครงการและผู้ที่หัวหน้าโครงการมอบหมายนำมาใช้ในการปฏิบัติงานตามสัญญานี้

ข้อ ๑๒. หัวหน้าโครงการจะป้องกันมิให้มหาวิทยาลัยต้องรับผิดชอบในบรรดาสิทธิเรียกร้อง ค่าเสียหาย ค่าใช้จ่ายหรือราคารวมตลอดถึงการเรียกร้องโดยบุคคลที่สามอันเกิดจากความผิดพลาดหรือการละเว้นไม่กระทำการของหัวหน้าโครงการหรือของลูกจ้างของหัวหน้าโครงการ

ข้อ ๑๓. หากคณะกรรมการบริหารผู้ให้ทุนเห็นว่า หัวหน้าโครงการมิได้ปฏิบัติงานด้วยความชำนาญหรือด้วยความเอาใจใส่ในวิชาชีพเท่าที่พึงคาดหมายได้จากนักวิจัยหรือมิได้ปฏิบัติตามข้อสัญญา และเงื่อนไขที่กำหนดในสัญญานี้ เห็นว่าควรจะยุติการดำเนินงานในโครงการนี้ ผู้ให้ทุนจะมีหนังสือแจ้งให้หัวหน้าโครงการทราบเป็นหนังสือ ในกรณีดังกล่าวผู้รับทุนจะต้องชดใช้คืนเงินทุนทั้งหมดหรือบางส่วนตามที่ผู้ให้ทุนเห็นสมควรตลอดจนอุปกรณ์การวิจัยทั้งหมดแก่ผู้ให้ทุนภายใน ๖๐ (หกสิบ) วัน นับแต่วันที่ผู้ให้ทุนได้แจ้งหนังสือให้ผู้รับทุนทราบ ทั้งนี้ในกรณีเกิดความเสียหายอย่างใดอย่างหนึ่งแก่ผู้ให้ทุน ผู้ให้ทุนมีสิทธิที่จะเรียกค่าเสียหายอย่างใดอย่างหนึ่งจากผู้รับทุนอีกด้วย

ข้อ ๑๔. หากผู้รับทุนผิดสัญญาข้อหนึ่งข้อใดข้างต้น ผู้รับทุนยินยอมให้ผู้ให้ทุน ยกเลิกสัญญา และเรียกเงินตลอดจนอุปกรณ์การวิจัยคืนจากผู้รับทุนพร้อมดอกเบี้ยในอัตราร้อยละ ๐.๑๐

ข้อ ๑๕. หัวหน้าโครงการ จะไม่นำโครงการที่ได้รับทุนนี้ไปขอทุนจากแหล่งทุนอื่นเพิ่มเติมโดยไม่ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการบริหารทุนวิจัยของผู้ให้ทุน

เอกสารแนบท้ายสัญญาหมายเลข ๑-๔ ถือเป็นส่วนหนึ่งของสัญญานี้ ในกรณีที่ข้อความในเอกสารแนบท้ายสัญญา มีข้อความขัดหรือแย้งกับข้อความในสัญญานี้ ให้ถือข้อความในสัญญาเป็นหลัก และในกรณีที่เอกสารแนบท้ายสัญญานี้ขัดหรือแย้งกันเองให้หัวหน้าโครงการปฏิบัติตามคำวินิจฉัยของมหาวิทยาลัย

สัญญานี้พร้อมด้วยเอกสารแนบท้าย ได้ทำขึ้น ๒ (สอง) ฉบับ มีข้อความตรงกัน คู่สัญญาได้อ่านและเข้าใจข้อความในสัญญานี้พร้อมเอกสารแนบโดยตลอดแล้ว จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยานและต่างเก็บไว้ฝ่ายละฉบับ

ลงชื่อ.....ผู้ให้ทุน
(รองศาสตราจารย์วิมล ดำศรี)
อธิการบดี

ลงชื่อ.....ผู้รับทุน
(นายวีระยุทธ สุดสมบูรณ์)

ลงชื่อ.....พยาน
(นางสาวธนาภรณ์ เมืองมุงคุณ)
คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ลงชื่อ.....พยาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรศักดิ์ แก้วอ่อน)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

เอกสารแนบหมายเลข ๑

สัญญา มรภ. เลขที่ ๓๕/๒๕๕๘
สรุปข้อเสนอโครงการที่ได้รับอนุมัติ

ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) "การพัฒนาชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม"

(ภาษาอังกฤษ) "The Development of Training Package on Automatic Mechanical Control Systems for Teaching of Undergraduate industrial Technology Student"

หัวหน้าโครงการ : นายวีระยุทธ สุดสมบูรณ์

ระยะเวลาดำเนินการ : ๑ ปี (นับจากวันที่ลงนามในสัญญา)

งบประมาณ : ๖๐,๐๐๐ บาท (หกหมื่นบาทถ้วน)

ผลลัพธ์ (output) ของโครงการ

๑. ผู้เรียนมีทักษะการวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และสามารถคำนวณโจทย์เพื่อแก้ปัญหาระบบพลวัตรและการควบคุมทางกลแบบมวล-ตัวหน่วง-สปริง ระบบควบคุม ระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ และระบบควบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ

๒. ผู้เรียนสามารถหาค่าผลการตอบสนองของระบบเชิงเวลาและผลการตอบสนองของระบบเชิงความถี่ได้

๓. ผู้เรียนสามารถลงปฏิบัติโดยการประลองร่วมกับการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกอบรมทั้ง ๓ ชุด โดยเขียนโปรแกรมเพื่อออกแบบระบบควบคุมด้วย LabVIEW และหาผลการตอบสนองด้วยโปรแกรม MATLAB และให้ข้อเสนอแนะเพื่อการวิเคราะห์และสังเคราะห์ระบบควบคุมอัตโนมัติได้ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานได้ตามความต้องการของสถานประกอบการ

ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากโครงการทุก ๖ เดือน

กิจกรรม	output
๖ เดือนแรก	
๖ เดือนหลัง	

ชุมชนที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยและแผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ลงชื่อ.....ผู้รับทุน
(นายวีระยุทธ สุดสมบูรณ์)

เอกสารแนบหมายเลข ๒

สัญญา มรภ. เลขที่ ๓๕/๒๕๕๘

โครงการ : "การพัฒนาชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม"

สรุปรายงานความก้าวหน้าครั้งที่.....

รายงานในช่วงตั้งแต่ วันที่.....ถึงวันที่.....

หัวหน้าโครงการ : นายวีระยุทธ สุดสมบูรณ์

วัตถุประสงค์ของโครงการ

๑. เพื่อสร้างชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
๒. เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
๓. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
๔. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

รายละเอียดผลการดำเนินงานของโครงการตามแผนงานโดยสรุป(พอสังเขป)

กิจกรรม (ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน	หมายเหตุ*

หมายเหตุ

กิจกรรม หมายถึง งานที่จะดำเนินการในช่วงเวลา ตามที่ระบุไว้ในแผน

ผลที่คาดว่าจะได้รับ หมายถึง ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินงานในช่วงเวลาดังกล่าว ตามที่ระบุไว้ในแผน

ผลการดำเนินงานของงานหรือไม่อย่างไร หมายถึง งานที่ดำเนินการไปในช่วงเวลานั้นมีผลเกิดขึ้นอย่างไรเป็นไปตามวัตถุประสงค์

หมายเหตุ* หมายถึง มีอุปสรรคในแผนงานดังกล่าวอย่างไร

- ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ
- นอกเหนือจากนี้ให้ ส่งรายงานความก้าวหน้าจำนวน ๓ เล่ม พร้อมแผ่น ซีดีข้อมูล ๑ แผ่นโดยรายงานวิธีการ ตารางผล ผลการทดลองวิจารณ์ สรุปผลตลอดเอกสารอ้างอิง ให้แนบมาพร้อมกับสรุปรายงานนี้

ในกรณีรายงานฉบับสมบูรณ์ ให้ระบุด้วยว่ากำลังส่งต้นฉบับไปลงตีพิมพ์ในวารสารฉบับใด เมื่อไร หรือถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนอื่นหรือไม่ อย่างไร

ลงชื่อ.....ผู้รับทุน
(นายวีระยุทธ สุดสมบูรณ์)

เอกสารแนบหมายเลข ๓

สัญญา มรภ. เลขที่ ๓๕/๒๕๕๘

โครงการ : "การพัฒนาชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม"

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่.....**ถึงวันที่**.....

หัวหน้าโครงการ : นายวีระยุทธ สุดสมบูรณ์

รายจ่าย

หมวด (ตามสัญญา)	รายจ่ายสะสมจากรายงานครั้งก่อน	ค่าใช้จ่ายงวดปัจจุบัน	รวมรายจ่ายสะสมจนถึงงวดปัจจุบัน	งบประมาณที่ตั้งไว้ (รวมสะสมจนถึงปัจจุบัน)	คงเหลือ (หรือเกิน)
๑. ค่าตอบแทน	.....	.....	.....	.....	.....
๒. ค่าจ้าง	.....	.....	.....	.....	.....
๓. ค่าใช้สอย	.....	.....	.....	.....	.....
๔. ค่าวัสดุ	.....	.....	.....	.....	.....
๕. ค่าครุภัณฑ์	.....	.....	.....	.....	.....
๖.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....
รวม	.....	.....	.....	.....	.....

ลงชื่อ.....ผู้รับทุน
(นายวีระยุทธ สุดสมบูรณ์)

เอกสารแนบหมายเลข ๔

โครงการ : "การพัฒนาชุดฝึกอบรมระบบควบคุมทางกลแบบอัตโนมัติสำหรับการสอนนักศึกษาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม"

การเงินและการติดตามโครงการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการด้านการเงินและการติดตามโครงการวิจัย

๑. ผู้รับทุนจะต้องทำสัญญารับทุนกับมหาวิทยาลัย

๒. การใช้จ่ายเงินของโครงการวิจัยให้เป็นไปตามระเบียบการใช้จ่ายเงินของมหาวิทยาลัย

๓. ผู้รับทุนมีหน้าที่จัดทำรายงานการเงิน และเก็บเอกสารการจ่ายไว้ให้พร้อมในการเรียกตรวจสอบจากมหาวิทยาลัย หรือสำนักงานตรวจเงินแผ่นดิน (สตง.)

๔. ผู้รับทุนต้องรายงานความก้าวหน้าให้มหาวิทยาลัยทราบตามเงื่อนไขที่ระบุไว้ในสัญญารับทุน

ลงชื่อ.....ผู้รับทุน

(นายวีระยุทธ สุดสมบูรณ์)