

การสร้างชุดการสอนเรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม
ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

นายรัชภูมิ ศรีภูธร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2549
ISBN 974-19-0843-1
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ : นายรัชภูมิ ศรีภูธร
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การสร้างชุดการสอนเรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม
ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
สาขาวิชา : ไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตย์วงศ์
อาจารย์ ดร.มานิตย์ สิริพิชัย
ปีการศึกษา : 2549

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดการสอน เรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม และเปรียบเทียบผลการทดสอบของนักศึกษา ก่อน และ หลังเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้สร้างชุดการสอนซึ่ง ประกอบด้วย คู่มือครู สื่อการสอน ที่ครอบคลุมเนื้อหา เรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม จากนั้นจึงนำไปทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ขส.ทบ. ที่ได้ลงทะเบียนเรียน ในวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม ปีการศึกษา 2/2548 จำนวน 40 คน โดยให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนในระหว่างการเรียนให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน และทำแบบทดสอบหลังการเรียนจบทุกหน่วย หลังจากนั้นนำคะแนนที่ได้มาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพชุดการสอน E_1/E_2 และวิเคราะห์หาความก้าวหน้าทางการเรียน โดยใช้ สถิติที่ แบบข้อมูล 2 ชุด มีความสัมพันธ์กัน

ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.15/82.28 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ และผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนโดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบก่อน และ หลังเรียนของนักศึกษาที่มีเกรดเฉลี่ยสูง และต่ำพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยการเรียนรู้ด้วยชุดการสอนนี้ช่วยให้นักศึกษาที่มีเกรดเฉลี่ยต่างกัน เกิดพัฒนาการเพิ่มขึ้นเท่าๆ กัน

(วิทยานิพนธ์นี้มีจำนวนทั้งสิ้น 230 หน้า)

คำสำคัญ : ชุดการสอน, เซนเซอร์, วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

Name : Mr.Ratchapoom Sriputron

Thesis Title : The Construction of an Instructional Package Sensor for Industrial Control System of Higher Vocational Certificate Curriculum as of the year 2003 Vocational Education Commission

Major Field : Electrical Technology
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok

Thesis Advisors : Dr.Mongkol Wangsathitwong
Dr.Manit Sittichai

Academic Year : 2006

Abstract

This research aimed to construct an instructional package sensor for Industrial Control System and to compare students learning achievement of the before and after using this instructional package.

The instructional package consists of a teachers' handbook and teaching aids. The study includes 40 samples of first-year Higher Vocational Certificate students, in sensor for Industrial Control System second semester of the 2005 academic year of The Army Translation Engineering School. They did the pre-test before taking the course and did the test after each unit before the post-test. The scores were computed for efficiency with the formula E_1/E_2 . Then, they were analysed by comparing between the pre-test the and post-test. T-test was used for statistically hypothesis.

The results of the study found that the constructed instructional package has the efficiency 83.15/82.28 which was higher than the standard 80/80. In addition, the learning progressiveness analysis has compared the average score between pre-test and post-test found that there was no statistical significant different at .01 between the higher grade and lower grade students. Learning by the instructional package helped learners to gain more knowledge.

(Total 230 pages)

Keywords : Instructional Package, Sensor, Industrial Control System

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี อันเนื่องมาจากการได้รับความกรุณาความช่วยเหลือ และคำแนะนำจากอาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตย์วงศ์ และอาจารย์ ดร.มานิตย์ สิทธิชัย ที่ได้กรุณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาวิชา แนะนำวิธีการดำเนินการวิจัย การแก้ปัญหาและพัฒนางาน การวิจัยเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้งสองไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านอาจารย์วิรัตน์ อัสวานวัตร อาจารย์นิติ สุขศิริสันต์ อาจารย์ทง ลานธารทอง อาจารย์จักรพันธ์ แต้ยินดี และคุณเกรียง คุปรัตน์ ที่ได้กรุณาประเมินความเหมาะสมของชุดการสอนและให้ข้อเสนอแนะในการสร้างชุดการสอน ขอขอบคุณอาจารย์นิมิต ทองทรัพย์ อาจารย์ณัฐโชค เกตุภาจันทร์ และอาจารย์จักรพันธ์ แต้ยินดี โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ขส.ทบ. ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และอำนวยความสะดวกในการทดลองใช้ชุดการสอน ที่สร้างขึ้นในครั้งนี้

ขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในการประสานงานการสอบวิทยานิพนธ์ และการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนบางส่วนจากทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อโพยม คุณแม่นิรมล ศรีภูธร ที่สนับสนุนทุนการศึกษาในครั้งนี้ น้องและหลาน ๆ ทุกคนตลอดจนพี่ๆ และเพื่อนๆ เป็นกำลังใจทุกท่านที่คอยสนับสนุน ส่งเสริม และร่วมแก้ปัญหาด้วยเสมอมาประโยชน์อันใดที่พึงมีของงานวิจัยนี้ขอมอบเป็นเกียรติแก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

รัชภูมิ ศรีภูธร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	7
1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น	7
1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย	7
1.8 ประโยชน์ของการวิจัย	8
บทที่ 2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
2.1 หลักสูตรรายวิชา	9
2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับชุดการสอน	10
2.3 หลักการและทฤษฎีที่นำมาใช้ในการสร้างชุดการสอน	14
2.4 ขั้นตอนการสร้างชุดการสอน	15
2.5 เกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพของชุดการสอน	17
2.6 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	17
2.7 หลักเกณฑ์ในการเลือกใช้และผลิตสื่อการเรียนการสอน	20
2.8 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญหรือเป็นศูนย์กลาง	22
2.9 การสร้างแบบทดสอบ	28
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	35
บทที่ 3. วิธีการดำเนินการวิจัย	37
3.1 แบบแผนการวิจัย	37
3.2 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา	38
3.4 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและประเมินผล	43
3.5 การดำเนินการทดลอง	56
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	56
บทที่ 4. ผลของการวิจัย	59
4.1 ผลของชุดการสอนที่สร้างขึ้น	59
4.2 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง	61
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	61
4.3.1 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบท้ายบท	61
4.3.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดการสอน	62
4.3.3 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน	62
4.3.4 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของนักศึกษา	63
บทที่ 5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	66
5.1 สรุปผลการวิจัย	66
5.2 การอภิปรายผลการวิจัย	67
5.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัยในครั้งนี้	68
5.4 ข้อเสนอแนะจากการวิจัยในครั้งต่อไป	68
บรรณานุกรม	69
ภาคผนวก ก	73
รายละเอียดของหลักสูตรรายวิชา	74
ภาคผนวก ข	75
ผลการวิเคราะห์หัวข้อในเรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม	76
ผลการวิเคราะห์รายละเอียดหัวข้อเรื่องและแหล่งข้อมูล	77
ผลการประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่อง	78
ผลการประเมินความสำคัญและรายละเอียดเนื้อหาของหัวข้อเรื่อง	79
ผลการวิเคราะห์เนื้อหาสำคัญของหัวข้อเรื่องและความรู้ของเนื้อหา	83
ผลการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	93

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก	97
ตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน	98
ตารางวิเคราะห์การออกข้อสอบ	101
ตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อการออกข้อสอบ	103
ตารางวิเคราะห์สื่อการสอน	106
ภาคผนวก ง	115
ผลการวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อหาบรรณนี้ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับ	
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	116
ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (D)	124
ภาคผนวก จ	131
ผลการวิเคราะห์คะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายบทและแบบทดสอบ	
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	132
ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอน	134
ภาคผนวก ฉ	135
การวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนและหลังเรียน	136
ภาคผนวก ช	142
รายนามผู้เชี่ยวชาญ	143
หนังสือขอเชิญผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอน	144
แบบประเมินชุดการสอน	149
ภาคผนวก ซ	154
ตัวอย่างคู่มือครู	155
ตัวอย่างแผนการสอน	160
ตัวอย่างแบบทดสอบท้ายบท	215
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	218
ภาคผนวก ฌ	229
ประวัติผู้วิจัย	230

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 วิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน	32
2-2 วิเคราะห์การออกข้อสอบ	33
3-1 ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน	53
4-1 รายละเอียดของชุดการสอน	61
4-2 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน	60
4-3 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบท้ายบท	62
4-4 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดการสอน	62
4-5 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน	63
4-6 ผลประเมินความคิดเห็นของนักศึกษา	64
ข-1 ผลการวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม	76
ข-2 ผลการวิเคราะห์รายละเอียดของหัวข้อเรื่องและแหล่งข้อมูล	77
ข-3 ผลการประเมินความสำคัญและรายละเอียดเนื้อหาของหัวข้อเรื่อง	78
ข-4 ผลการประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่อง	79
ข-5 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาสำคัญของหัวข้อเรื่องและความรู้ของเนื้อหา	83
ข-6 ผลการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	93
ค-1 ผลการวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน	98
ค-2 ผลการวิเคราะห์การออกข้อสอบ	101
ค-3 ผลการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบ	103
ค-4 ผลการวิเคราะห์สื่อการสอน	106
ง-1 การวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	116
ง-2 ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเฉลี่ยของค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก แบบทดสอบ	130
จ-1 ผลการวิเคราะห์คะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายบท และแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มตัวอย่าง	132

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ฉ-1 คะแนนค่าร้อยละของผู้เรียน และหลังเรียน	136
ฉ-2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียน ของนักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยสูงและต่ำ โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ข้อมูล	138
ฉ-3 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบหลังเรียน ของนักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยสูงและต่ำ โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ข้อมูล	138
ฉ-4 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลต่างคะแนนทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน ของนักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยสูงและต่ำ โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ข้อมูล	139

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 ระดับวัตถุประสงค์การสอนกับจำนวนข้อสอบที่ใช้วัด	31
3-1 ขั้นตอนการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา	38
3-2 แผนผังการวิเคราะห์เนื้อหา เรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม	42
3-3 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือในการวิจัย	43
3-4 ขั้นตอนการสร้างคู่มือครู	44
3-5 ขั้นตอนการสร้างสื่อการสอน	46
3-6 ตัวอย่างงานนำเสนอเพาเวอร์พอยต์	48
3-7 ตัวอย่างภาพเคลื่อนไหว	48
3-8 ตัวอย่างชุดสาธิต	49
3-9 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ	50
3-10 ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นแต่ละด้านจากการประเมินชุดการสอนของผู้เชี่ยวชาญ	55
4-1 ชุดการสอนเรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม	60
4-2 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความคิดเห็นของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดการสอน	65

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพัฒนาประเทศทางด้านอุตสาหกรรมในปัจจุบัน จะต้องมีการนำเข้าเครื่องจักรบางส่วนจากต่างประเทศ ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องจักรแบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม ผู้ที่ปฏิบัติงานทางด้านการควบคุมเครื่องจักรเหล่านั้น จะต้องมีความเชี่ยวชาญในเรื่องระบบควบคุมอัตโนมัติเป็นอย่างดี อีกทั้งเทคโนโลยีและวิทยาการทางด้านวิศวกรรมได้เจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้มีการพัฒนาไปอย่างไม่หยุดยั้ง ฉะนั้นในการจัดการศึกษาให้มีประสิทธิภาพและก้าวหน้าทันเทคโนโลยีจึงถือเป็นความจำเป็นอย่างยิ่ง รัฐบาลได้เล็งเห็น และตระหนักถึงความสำคัญในการเร่งรัดพัฒนาการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันจะนำไปสู่การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีศักยภาพในการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาประเทศ และเป็นจุดเน้นของแผนการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540-2544) การจัดการศึกษาเพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายการศึกษา จึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงระบบการศึกษาทั้งในแง่ของหลักสูตร ความมุ่งหมาย แนวทางการศึกษา ให้ก้าวหน้าทันความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและวิชาการสมัยใหม่ อันเป็นกระบวนการที่จะช่วยพัฒนาศักยภาพของบุคคลให้ เป็นไปตามแนวทางที่พึงประสงค์

พิสิฐ (2531: 2) กล่าวว่าปัญหาการเรียนการสอนวิชาเทคนิคอาจเกิดจากสาเหตุใหญ่ ๆ ได้ 2 ประการ คือ

1.1.1 คุณภาพของหลักสูตร ซึ่งหลักสูตรที่ไม่ได้ผ่านการวิเคราะห์หรือประเมินผลที่ดี และถูกต้องอาจทำให้เกิดปัญหาได้ดังนี้คือ ตัวหลักสูตรเองมีเฉพาะหัวข้อรายวิชาไม่มีรายละเอียดของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ทำให้ครูผู้สอนเลือกเนื้อหาในการสอนแต่ละโรงเรียนแตกต่างกัน ออกไปตามความถนัดของตนเองหรือตามหนังสือตำราต่างๆ ที่ตัวเองมีอยู่หรือเคยศึกษามาอาจเป็นสาเหตุทำให้ผู้เรียนได้รับเนื้อหาที่ไม่ตรงกับความต้องการในงานอาชีพจริง

1.1.2 การจัดการเรียนการสอน การสอนวิชาเทคนิคโดยส่วนมากแล้วครูผู้สอนจะใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย ผู้เรียนขาดส่วนร่วมหรือไม่มีกิจกรรมในการเรียน ขาดแรงจูงใจและความตั้งใจในการเรียน ขาดอุปกรณ์ช่วยสอน โดยเฉพาะเนื้อหาวิชาเทคนิคซึ่งต้องการในสิ่งที่เห็นจริง ได้ลงมือปฏิบัติการจริงๆ เพื่อให้ผู้เรียนจะได้เข้าใจหลักการและเหตุผลได้อย่างลึกซึ้ง ซึ่งทำให้ผู้เรียน

สามารถนำไปปฏิบัติงานอาชีพได้ และยังพบอีกว่าการเรียนการสอนของครูในแต่ละครั้งส่วนใหญ่จะไม่มีวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน และไม่มีผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ความก้าวหน้าทางการเรียนว่าผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ทางการเรียนหรือไม่

พิชัย (2529: 92) ได้ทำการวิจัยเรื่องการเรียนการสอนวิชาช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงของวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา พบว่าปัญหาการสอนวิชาช่างอุตสาหกรรมมีปัญหที่สำคัญ คือ ความไม่สอดคล้องของรายวิชาชีพ กับความต้องการของตลาดแรงงาน ความไม่เหมาะสมของขอบเขตเนื้อหาวิชาทฤษฎี ความไม่สัมพันธ์ของเนื้อหาวิชาทฤษฎีกับวิชาปฏิบัติ ความไม่พร้อมของอุปกรณ์การสอน ปัญหาการสร้างและการใช้สื่อที่ใช้ในการสอน ความไม่พอเพียงของงบประมาณ ปัญหาจำนวนเครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์การเรียนการสอน

เสาวณีย์ (2528: 292) กล่าวว่าปัญหาที่มีอยู่ควรได้รับความสนใจศึกษา และหาแนวทางที่จะพิจารณาแก้ไขปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นโดยการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามาใช้ในการเรียนการสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งนวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษา เพราะนวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษาจะช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะชุดการสอนซึ่งถือว่าเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่ทุกวงการทางการศึกษากำลังให้ความสนใจ จากผลการวิจัยที่ผ่านมาสรุปได้ว่าการสอนโดยใช้อุปกรณ์การสอนได้ผลดีกว่าการสอนแบบปกติที่ปฏิบัติกันอยู่ เพื่อเป็นแนวทางการสอนของครูอาจารย์ให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์เดียวกัน การจัดการเรียนการสอนควรที่จะได้รับการพัฒนาปรับปรุงจัดให้มีสื่อการเรียนการสอน ใบงาน ใบเนื้อหา แบบฝึกหัด แบบทดสอบ ให้เหมาะสม เพื่อที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียนการสอนและมีกิจกรรมร่วมกับผู้เรียนอยู่ตลอดเวลา ขณะที่ทำการสอน ซึ่งจะมีส่วนทำให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

ในการจัดการเรียนการสอนวิชาทางด้านเทคนิค ที่จัดการเรียนการสอนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงทางด้านช่างอุตสาหกรรม ในกรณีที่เป็นวิชาที่เกี่ยวกับสาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลังนั้น มีความจำเป็นอย่างมากที่ต้องจัดการเรียนการสอน ให้มีประสิทธิภาพ เพราะผู้เรียนจะต้องใช้ทักษะและความชำนาญอย่างมากในการปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน และเพื่อให้ได้ผลงานที่มีคุณภาพ

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาในปัจจุบันถือว่าเป็นยุคของการปรับตัว เพื่อการแก้ปัญหา ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของบุคลากรในสาขาต่างๆ โดยมีหน้าที่จัดการเรียนการสอนด้านอาชีวศึกษา ได้จัดหลักสูตรการศึกษาวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104-2007 ในหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหลักสูตรและสำรวจ

ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับปัญหาการเรียนการสอน กับอาจารย์ผู้สอนวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม จากโรงเรียนอาชีวศึกษาเอกชน จำนวน 5 แห่ง ได้แก่ โรงเรียนพระรามหฤเทโส โสโย โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม โรงเรียนเทคโนโลยีปทุมธานี โรงเรียนเทคโนโลยีแหลมทอง และโรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ขส.ทบ โดยการสัมภาษณ์ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่ามีประเด็นปัญหาที่สำคัญหลักๆ เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม ดังนี้

1. ด้านครูผู้สอน มีประสบการณ์ในการสอนน้อย วิชาสอนมีหลายวิชา ทำให้ไม่มีเวลาในการผลิตสื่อ ค้นคว้าและเตรียมการสอน
2. ด้านหลักสูตรวิชา มีเพียงจุดประสงค์รายวิชาและคำอธิบายรายวิชานั้นๆ ยังไม่มีรายละเอียดของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดแนวทางในการเลือกเนื้อหา วิชา วิธีการสอน สื่อการสอน และวิธีประเมินผลการเรียนรู้ จึงทำให้เนื้อหาที่ใช้สอนเป็นไปตามความรู้ และประสบการณ์ของผู้สอนแต่ละท่าน ทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้แตกต่างกัน
3. ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เนื่องจากเนื้อหาวิชายาก บางหัวข้อไม่สามารถอธิบายให้เห็นชัดเจนได้ ถ้าไม่มีสื่อการสอนเข้ามาช่วย เช่น หัวข้อ เซนเซอร์ จึงพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนวิชานี้ในปีการศึกษา 46 และ 47 มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ
4. ด้านสื่อการเรียนการสอน เนื่องจากเป็นวิชาในหลักสูตรที่ผ่านการปรับปรุงใหม่ ดังนั้นรายละเอียดของวิชา รวมทั้งสื่อการเรียนการสอนที่จะใช้ จึงไม่เพียงพอ

จากปัญหาการเรียนการสอนดังกล่าว ผู้วิจัยคิดว่าควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ นักเรียนที่สำเร็จการศึกษาออกไปมีความรู้ความสามารถที่เท่ากัน ซึ่งวิธีการที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจ ในเนื้อหาวิชาได้นั้น สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการใช้วิธีการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาและ วัตถุประสงค์การสอน ผู้สอนต้องเป็นผู้คอยติดตามสอบถามความเข้าใจ นั่นคือการใช้วิธีการเรียน การสอนแบบใช้สื่อความหมายแบบสองทางระหว่างผู้สอนและผู้เรียน ซึ่งผู้สอนและผู้เรียนจะต้อง ทำกิจกรรมร่วมกัน

จากเหตุผลดังกล่าวมาแล้ว วิธีการที่เหมาะสมและเป็นไปได้ คือ การสร้างชุดการสอน ซึ่งเป็นสื่อการสอนรูปแบบหนึ่งที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษา ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะสร้างชุดการสอน เรื่อง เซนเซอร์ วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงให้มื่อนี้อารายละเอียดครอบคลุมตาม หลักสูตร ที่ได้ปรับปรุงใหม่ โดยจะจัดสร้างชุดการสอนเฉพาะในส่วนที่เป็นทฤษฎีเท่านั้น ประกอบด้วย ใบเนื้อหา แบบทดสอบท้ายบทเรียน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ คู่มือการสอนและ สื่อการสอน เพื่อให้ผู้เรียน เกิดความสนใจในการเรียน และมีกิจกรรมร่วมกับผู้สอนตลอดเวลาขณะ

ทำการสอนในหัวข้อเรื่องข้างต้น นอกจากนั้นชุดการสอนนี้ยังช่วยประหยัดเวลาในการเตรียมการสอน ทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างชุดการสอนเรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

1.2.3 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอนที่สร้างขึ้น

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 ชุดการสอนที่สร้างขึ้นใช้สอนได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

1.3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียน โดยชุดการสอนเรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ชุดการสอนเรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ประกอบด้วย

1.4.1.1 คู่มือครู

1.4.1.1.1 คำแนะนำในการใช้

1.4.1.1.2 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1.4.1.1.3 แผนการสอน

1.4.1.1.4 ใบเนื้อหาหรือใบความรู้

1.4.1.1.5 แบบทดสอบท้ายบทเรียนพร้อมเฉลย

1.4.1.1.6 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพร้อมเฉลย

1.4.1.2 สื่อการสอน

1.4.1.2.1 ชุดสาธิต

1.4.1.2.2 ชุดนำเสนอด้วยเพาเวอร์พอยต์ ที่มีลักษณะเป็นภาพเคลื่อนไหว

1.4.2 วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ประกอบด้วยหัวเรื่องทั้งหมดดังนี้

เรื่องที่ 1. โครงสร้าง และคุณสมบัติ พี แอล ซี

- 1.1 ชนิดของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนแทรลเลอร์
- 1.2 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม
- 1.3 อุปกรณ์สำหรับการโปรแกรม
- 1.4 ส่วนประกอบของ พี แอล ซี

เรื่องที่ 2. การกำหนดเบอร์รีเลย์ภายใน พี แอล ซี

- 2.1 การกำหนดเบอร์รีเลย์
- 2.2 ตารางแสดงข้อกำหนดของพื้นที่การใช้งานต่างๆ ของ พี แอล ซี
- 2.3 การระบุตำแหน่งอินพุต/เอาต์พุตของ พี แอล ซี
- 2.4 โครงสร้างภายในของภาคอินพุตและภาคเอาต์พุตของ พี แอล ซี

เรื่องที่ 3. การใช้อุปกรณ์ประกอบการเขียนโปรแกรม

- 3.1 การลบหน่วยความจำของ พี แอล ซี และการค้นหาคำสั่ง
- 3.2 การแทรกชุดคำสั่ง (Insert) และการลบชุดคำสั่ง (Delete)
- 3.3 การเขียนคำสั่ง พี แอล ซี ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เรื่องที่ 4. โครงสร้าง และคุณสมบัติของเซนเซอร์ และทรานดิวเซอร์

- 4.1 ชนิดและวิธีการวัด
- 4.2 ระบบการวัดโดยทั่วไป
- 4.3 เซนเซอร์และทรานดิวเซอร์

เรื่องที่ 5. อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน Pressure Transducers

- 5.1 มาโนมิเตอร์
- 5.2 บูร์ดอง
- 5.3 ไดอะแฟรม

เรื่องที่ 6. อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ Temperature Transducers

- 6.1 อาร์ทีดี (RTD)
- 6.2 เทอร์มิสเตอร์
- 6.3 เทอร์โมคัปเปิล

เรื่องที่ 7. พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์

- 7.1 เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ (Inductive Sensor)
- 7.2 เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ (Capacitive Sensor)
- 7.3 การติดตั้งเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำและชนิดแบบเก็บประจุ

เรื่องที่ 8. เซนเซอร์

8.1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

8.1.1 โครงสร้าง และหลักการทำงานของอาร์ทีดี, เทอร์มิสเตอร์ และ เทอร์โมคัปเปิ้ล

8.1.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

8.1.3 การเลือกชนิดของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิให้เหมาะสมกับงาน

8.2 เซนเซอร์ตรวจวัดความดัน

8.2.1 โครงสร้าง และหลักการทำงานของมาโนมิเตอร์, บูร์ดอง, ไดอะแฟรม และเบลโลว์

8.2.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดความดัน

8.2.3 การเลือกชนิดของเซนเซอร์ตรวจวัดความดันให้เหมาะสมกับงาน

8.3 เซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่ง และการเคลื่อนที่

8.3.1 โครงสร้าง และหลักการทำงานของพรีอิกซิมิตีแบบเหนี่ยวนำ, แบบเก็บประจุ และเซนเซอร์ชนิดใช้แสง

8.3.4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและ การเคลื่อนที่

8.3.5 การเลือกชนิดของเซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่ง และการเคลื่อนที่ ให้เหมาะสมกับงาน

8.4 เซนเซอร์ตรวจวัดการไหล และอัตราการไหล

8.4.1 โครงสร้าง และหลักการทำงานของการวัดการไหลแบบ แผ่นออร์ฟิส, ท่อเวนทูรี และน็อทเชิล

8.4.2 โครงสร้าง และหลักการทำงานของการวัดการไหลแบบ โรตามิเตอร์ และอัลตราโซนิก

8.4.3 โครงสร้าง และหลักการทำงานของการวัดการไหลแบบ ลูกสูบ และแบบโอวอล

8.4.4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดการไหล และ อัตราการไหล

8.4.5 การเลือกชนิดของเซนเซอร์ตรวจวัดการไหล และอัตราการไหลให้ เหมาะสมกับงาน

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกเฉพาะหัวข้อเรื่องที่ 8 เรื่อง เซนเซอร์ สร้างเป็นชุดการสอน

1.5 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักศึกษาที่เรียนวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ขส.ทบ. จำนวน 40 คน

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.6.1 การวิจัยครั้งนี้ไม่คำนึงถึง เพศ อายุ พื้นฐานทางเศรษฐกิจ สังคม อารมณ์และช่วงเวลาการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

1.6.2 ในการทดลองครั้งนี้ถือว่านักศึกษาที่เรียนตามหลักสูตรนี้ มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน ทุกประการ เนื่องจากได้ผ่านการสอบคัดเลือกเข้ามาศึกษาต่อภายใต้หลักสูตรเดียวกัน

1.6.3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ถือว่าได้กระทำไปด้วยฉลุยจากความจริงใจ ซึ่งแสดงถึงความรู้สึกร่วมแท้จริงของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1.7.1 ชุดการสอน หมายถึง เอกสารที่ใช้ในการเรียนการสอนเรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม ประกอบด้วย คู่มือครู และสื่อการเรียนการสอน

1.7.2 คู่มือครู หมายถึง ชุดเอกสารที่เป็นแนวทางที่เตรียมไว้ล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการสอน ประกอบด้วย คำแนะนำในการใช้ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม แผนการสอน ใบเนื้อหาหรือใบความรู้ แบบทดสอบท้ายบทเรียนพร้อมเฉลย และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพร้อมเฉลย

1.7.3 สื่อการสอน หมายถึง วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้เป็นสื่อกลางให้ผู้สอนสามารถส่งหรือ ถ่ายทอดความรู้ไปยังผู้เรียน ซึ่งในชุดการสอนนี้สื่อการสอนที่เลือกใช้ ประกอบด้วย เพาเวอร์พอยต์ ภาพเคลื่อนไหว กระดานดำ และชุดสาธิต

1.7.4 แบบทดสอบท้ายบทเรียน หมายถึง แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาโดยการให้นักศึกษาทำหลังจากเรียนจบในแต่ละหัวข้อเรื่อง เพื่อประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษา

1.7.5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาโดยการให้นักศึกษาทำภายหลังการเรียนด้วยชุดการสอนครบทุกหัวข้อแล้ว

1.7.6 ประสิทธิภาพของชุดการสอน หมายถึง คุณภาพของชุดการสอนที่วัดจากค่าคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.7.7 นักศึกษาที่มีเกรดเฉลี่ยสูง หมายถึง นักศึกษาที่มีเกรดเฉลี่ยรวมตั้งแต่ 3.01 – 4.00

1.7.8 นักศึกษาที่มีเกรดเฉลี่ยต่ำ หมายถึง นักศึกษาที่มีเกรดเฉลี่ยรวมตั้งแต่ 2.00 – 3.00

1.7.9 เกณฑ์ที่กำหนด 80/80 หมายถึง ระดับของประสิทธิภาพที่คาดหวังซึ่งวัดได้จากค่าของคะแนนเฉลี่ยที่ผู้วิจัยที่กำหนดขึ้นจากการวิเคราะห์หัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จากบทเรียนของชุดการสอน โดยกำหนดดังนี้

80 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการที่วัดได้จากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนทุกหัวเรื่องรวมกัน โดยคิดเป็นร้อยละ 80 ต่อคะแนนเต็ม

80 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่วัดได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครบทุกหัวเรื่องโดยคิดเป็นร้อยละ 80 ต่อคะแนนเต็ม

1.7.10 ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการสอนวิชาการระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม หรือ รายวิชาที่มีเนื้อหาใกล้เคียงกัน และมีวุฒิทางการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาตรี หรือผู้ที่มีประสบการณ์ ด้านการออกแบบสื่อการเรียนการสอน และ/หรือการวัดและประเมินผลอย่างน้อย 5 ปี

1.8 ประโยชน์ของการวิจัย

ชุดการสอนที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้สอนนักศึกษา สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาสูงขึ้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้างชุดการสอน โดยได้ทำการศึกษาหัวข้อต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 2.1 หลักสูตรรายวิชา
- 2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับชุดการสอน
- 2.3 หลักการ และทฤษฎีที่นำมาใช้ในการสร้างชุดการสอน
- 2.4 ขั้นตอนการสร้างชุดการสอน
- 2.5 เกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพชุดการสอน
- 2.6 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 2.7 หลักเกณฑ์ในการเลือกใช้ และผลิตสื่อการเรียนการสอน
- 2.8 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญหรือเป็นศูนย์กลาง
- 2.9 การสร้างแบบทดสอบ
- 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรรายวิชา

จากการศึกษาคำอธิบายรายวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104-2007 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สาขาช่างไฟฟ้า แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ขส.ทบ. โดยมีลักษณะรายวิชาดังนี้

- | | |
|-------------------------|--|
| 1. ชื่อวิชาและรหัสวิชา | ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม (3104-2007) |
| 2. หมวดวิชา | วิชาชีพเฉพาะสาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง |
| 3. การจัดการเรียนการสอน | ภาคเรียนที่ 2 |
| 4. เวลาเรียน | ทฤษฎี 2 คาบ/สัปดาห์ ปฏิบัติ 2 คาบ/สัปดาห์
ตลอด 16 สัปดาห์/ 1 ภาคเรียน |
| 5. หน่วยกิต | 3 หน่วยกิต |
| 6. จุดประสงค์รายวิชา | |

1. เพื่อให้เข้าใจโครงสร้างส่วนประกอบ การทำงานของโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ คอมพิวเตอร์ เซนเซอร์ และอุปกรณ์ควบคุมแบบต่างๆ
 2. เพื่อให้สามารถเขียนโปรแกรมคำสั่งควบคุมการทำงานของโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ร่วมกับเซนเซอร์และอุปกรณ์ควบคุมแบบต่างๆ
 3. เพื่อให้มีทัศนคติในการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม
7. คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้างของโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ การเขียนคำสั่งควบคุมการทำงานของโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ หลักการทำงานของเซนเซอร์ที่ใช้วัดและตรวจจับความเร็ว ความดัน อุณหภูมิ อัตราการไหล ระดับน้ำหนัก แสง พร็อกซิมิตี้สวิทช์ อุปกรณ์ตรวจจับตัวตั้งเวลา ตัวนับ ลิมิตสวิทช์ ฯลฯ การนำเอาโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ และคอมพิวเตอร์ มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเซนเซอร์และอุปกรณ์ควบคุมแบบต่างๆ

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับชุดการสอน

2.2.1 ความหมายของชุดการสอน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอนหรือ ชุดการเรียนการสอน (Instructional - Package) มีนักการศึกษาหลาย ๆ ท่านได้ กล่าวถึงความหมายของชุดการสอนไว้ดังนี้

ชุดการสอน หมายถึง ระบบการผลิตและการนำสื่อการเรียนต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับเนื้อหา มาส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (กาญจนา, 2524: 117)

ชุดการเรียนการสอน หมายถึง การวางแผนการเรียนการสอนโดยใช้สื่อต่าง ๆ ร่วมกัน (Multimedia Approach) หรือหมายถึง การใช้สื่อประสม (Multimedia) ที่จัดไว้เป็นชุดเพื่อสร้างประสบการณ์ในการเรียนและไปตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ (วาสนา, 2525: 138)

ชุดการสอน เป็นวัตรกรรมการศึกษา และการสอนที่เกี่ยวกับการปฏิรูปหลักสูตร โดยเป็นระบบการนำสื่อประสมที่สอดคล้องกับเนื้อหาและประสบการณ์ของแต่ละหน่วยมาช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน (ไชยยศ, 2526: 196)

ชุดการสอน (Instructional Package หรือ Instruction Kit) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อันประกอบไปด้วย วัตถุประสงค์เนื้อหาและวัสดุอุปกรณ์ทั้งหลายไว้เป็นชุด ๆ เพื่อจัดกิจกรรมให้เกิดการเรียนรู้ และช่วยให้ผู้สอนดำเนินการสอนที่มีคุณภาพเท่าเทียมกันอยู่ในมาตรฐานเดียวกัน และยังทำให้ประหยัดเวลาในการเตรียมการสอนทำให้การสอนเรื่องนั้นๆ บรรลุวัตถุประสงค์

เดียวกันด้วยวิธีเดียวกัน และช่วยให้การเรียนการสอนบรรลุตามจุดมุ่งหมายอย่างมีประสิทธิภาพ (เสาวณีย์, 2526: 291)

ชุดการสอน เป็นการนำสื่อการสอนหลายประเภทมาใช้ร่วมกันในรูปแบบของสื่อประสม โดยการใช้สื่อประสมนี้เป็นการนำโสตทัศนูปกรณ์ตั้งแต่สองอย่างขึ้นไป มาใช้ร่วมกันในการเรียนการสอน ซึ่งอาจเป็นการใช้กับผู้เรียนกลุ่มใหญ่หรือการศึกษารายบุคคล (กิดานันท์, 2543: 81)

ชุดการสอน หมายถึง ชุดของสื่อประสมที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาและประสบการณ์ในการเรียนของแต่ละหน่วย โดยการนำวิธีการจัดระบบมาใช้ทั้งนี้เพื่อช่วยในการเปลี่ยนพฤติกรรม การเรียนรู้ของผู้เรียนให้บรรลุผลตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ และช่วยให้การสอนของครูดำเนินไปโดยสะดวกและมีประสิทธิภาพ (กรองกาญจน์, 2536: 194)

จากความหมายของชุดการสอนที่นักการศึกษาหลายๆ ท่านได้กล่าวไว้สรุปได้ว่าชุดการสอน หมายถึง นวัตกรรมการศึกษาที่ซึ่งนำสื่อประสมที่มีความสอดคล้องกับ เนื้อหาวิชาของหลักสูตร มาใช้ในระบบการเรียนการสอน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.2 ประเภทและส่วนประกอบของชุดการสอน

ชุดการสอนแบ่งออกตามลักษณะการใช้ได้ 4 ประเภท ดังนี้

2.2.2.1 ชุดการสอนประกอบการบรรยาย เป็นชุดการสอนที่กำหนดกิจกรรมและสื่อการเรียนการสอนให้ครูใช้ประกอบการสอนแบบบรรยาย เพื่อเปลี่ยนบทบาทครูให้พุดน้อยลง และเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกิจกรรมการเรียนมากขึ้นเนื่องจากเป็นชุดการสอนที่ครูเป็นผู้ใช้ บางครั้งจึงเรียกว่า “ชุดการสอนสำหรับครู” ชุดการสอนประกอบการบรรยายจะมีเนื้อหาเพียงอย่างเดียว โดยแบ่งเป็นหัวข้อที่จะบรรยายและประกอบกิจกรรมไว้ตามลำดับ โดยสื่อที่ใช้จะเป็นการรวมสื่อ เช่น แผ่นคำสอน สไลด์ประกอบคำบรรยายในเทป แผ่นภูมิ แผ่นภาพ ภาพยนตร์ โทรทัศน์และ กิจกรรมกลุ่ม เพื่อให้ให้นักเรียนได้อภิปรายตามหัวข้อและปัญหาที่ครูกำหนดให้ (ไชยยศ, 2526: 197)

ชุดการสอนนี้จะประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ (วาสนา, 2525: 138-139)

ก. คู่มือครู ประกอบด้วย จุดมุ่งหมายของหลักสูตรวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม รายละเอียดของเนื้อหาวิชาวิธีดำเนินการสอนคำแนะนำในการใช้สื่อการสอนตามลำดับและหนังสือประกอบการค้นคว้าสำหรับครู

ข. สื่อการเรียนการสอน (Instructional Media) จะใช้ประกอบการสอน ซึ่งมีหลายชนิดเพื่อส่งเสริมการเรียนการสอนให้ได้ผลยิ่งขึ้น สื่อการเรียนการสอนจะต้องได้รับการเลือกสรรอย่างเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน

ค. แบบฝึกหัดเสริมทักษะ (Workbook) แบบฝึกหัดตามที่มอบหมายไว้ในบัตรกิจกรรมอาจแยกเป็นชุดๆ หรือรวมกันเป็นเล่ม

ง. แบบทดสอบที่ใช้ในการทดลองก่อนการเรียนรู้และหลังการเรียนรู้

2.2.2.2 ชุดการสอนสำหรับกิจกรรมกลุ่ม ชุดการสอนแบบนี้มุ่งให้นักเรียน ได้ประกอบกิจกรรมร่วมกัน เช่น ในห้องเรียนกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกันตามสื่อและหัวข้อที่กำหนดไว้ ชุดการสอนนี้จะประกอบด้วยชุดย่อยที่มีจำนวนเท่ากับจำนวนศูนย์ที่แบ่งไว้ในแต่ละหน่วย ในแต่ละศูนย์จะมีสื่อการเรียนรู้หรือบทเรียนครบชุดตามจำนวนนักเรียนในศูนย์กิจกรรมนั้น ๆ บทบาทของครูนั้นจะเป็นเพียงผู้จัดเตรียมประสบการณ์ ผู้ประสานงาน และผู้ตอบคำถาม เมื่อจบการเรียนรู้แต่ละศูนย์แล้วนักเรียนอาจจะสนใจในการเรียนรู้เสริมจากศูนย์สำรองที่เตรียมไว้ เพื่อไม่เป็นการเสียเวลาที่ต้องรอคอยเมื่อกลุ่มอื่นยังเรียนไม่เสร็จในแต่ละศูนย์ (รุ่งทิพา, 2527: 88) ชุดการสอนสำหรับกิจกรรมกลุ่มนี้จะใช้ร่วมกับการสอนแบบศูนย์การเรียนรู้ โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

ก. คู่มือครู เป็นสิ่งช่วยการสอนแบบศูนย์การเรียนรู้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพในคู่มือครูจะมีคำชี้แจงสำหรับครู สิ่งที่ต้องเตรียม บทบาทของนักเรียน การจัดชั้นเรียนพร้อมแผนผัง แผนการสอนเนื้อหาสาระประจำศูนย์ต่าง ๆ แบบทดสอบก่อนการเรียนรู้และหลังเรียนรู้

ข. สื่อสำหรับศูนย์กิจกรรม จะมีบัตรคำสั่ง บัตรกิจกรรม บัตรเนื้อหา บัตรคำถามหรือบัตรนำอภิปราย และบัตรเฉลย รวมทั้งสื่อการเรียนรู้อื่นๆ เช่นรูปภาพ แบบเรียน เป็นต้นจำนวนบัตรต่าง ๆ หรือสื่อการเรียนรู้จะมีเท่ากับจำนวนนักเรียนในกลุ่มหรืออาจใช้ร่วมกันได้ไม่จำเป็นต้องครบทุกคน

ค. แบบฝึกหัด แบบฝึกหัดตามที่มอบหมายไว้ในบัตรกิจกรรม อาจแยกเป็น ชุด ๆ หรือรวมเป็นเล่มได้

ง. แบบทดสอบสำหรับการประเมินผลซึ่งใช้ก่อนการเรียนรู้ หรือหลังการเรียนรู้ โดยมีกระดาษคำตอบไว้พร้อม การทดสอบก่อนการเรียนรู้เพื่อวัดพื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียนแล้วเก็บผลไว้เปรียบเทียบกับผลการทดสอบหลังการเรียนรู้ โดยการทดสอบหลังเรียนนั้นจะใช้แบบทดสอบชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนการเรียนรู้การประเมินผล จะใช้แบบอิงเกณฑ์ (วาสนา, 2525: 138)

2.2.2.3 ชุดการสอนรายบุคคล เป็นชุดการสอนที่จัดระบบขั้นตอนเพื่อให้นักเรียนได้ใช้เรียนด้วยตนเองตามลำดับขั้นที่ระบุไว้ โดยมีห้องเรียนพิเศษที่เรียกว่าห้องเรียนรายบุคคล ซึ่งจะเป็นการเรียนรู้ตามความสามารถของแต่ละบุคคล หลังจากเรียนจบแล้วจะทำแบบทดสอบเพื่อประเมินผลความก้าวหน้า และเรียนชุดต่อไปตามลำดับ ครูจะให้ความช่วยเหลือจะทำแบบทดสอบเพื่อประเมินผลความก้าวหน้า และเรียนชุดต่อไปตามลำดับ ครูจะให้ความช่วยเหลือให้นักเรียนใน

ฐานะผู้ประสานงาน ชุดการสอนแบบนี้จะส่งเสริมการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลให้พัฒนาการเรียนรู้ของตนเองเต็มความสามารถโดยไม่ต้องคอยผู้อื่น (รุ่งทิวา, 2527: 88) ซึ่งถือว่าเป็นการถูกต้องและยุติธรรมในการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน ชุดการสอนแบบนี้ อาจจะเรียกว่าบทเรียนโมดูล (Instructional Module) (ชม, 2524: 102)

2.2.2.4 ชุดการสอนทางไกล เป็นชุดการสอนที่ครูกับนักเรียนอยู่ต่างที่ ต่างเวลากัน มุ่งสอนให้นักเรียนได้เรียนด้วยตนเอง โดยไม่ต้องมาเข้าชั้นเรียนประกอบด้วยสื่อประเภทสิ่งพิมพ์ รายการวิทยุกระจายเสียง โทรทัศน์ ภาพยนตร์และการสอนเสริมตามศูนย์บริการการศึกษา เช่น ชุดการสอนทางไกลของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช เป็นต้น (ชัยยงค์และคณะ, 2523: 118)

ดังนั้นได้สรุปเอาหลักการต่าง ๆ มาสร้างเป็นชุดการสอนเรื่องการประยุกต์ใช้งาน PLC กับ Sensor ในงานอุตสาหกรรม ซึ่งประกอบด้วย

1. คู่มือครู ที่ประกอบไปด้วยจุดมุ่งหมายของหลักสูตร วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ชี้นำเข้าสู่บทเรียน ตารางปฏิบัติการ (กิจกรรมการเรียนการสอน) แบบร่างกระดาน ใบเนื้อหา ใบรายการถามตอบ แบบทดสอบท้ายบทเรียนพร้อมเฉลย และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพร้อมเฉลย
2. สื่อการเรียนการสอนซึ่ง จัดทำมาให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาโดยจัดทำเป็นเพาเวอร์พอยต์ ประกอบการสอนหรือประกอบการอธิบายกับผู้เรียนกลุ่มใหญ่ และชุดสาธิต
3. แบบทดสอบท้ายบท และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2.3 ประโยชน์ของชุดการสอน

ชุดการสอนมีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนอยู่หลายประการ นักการศึกษาได้กล่าวถึงประโยชน์ของชุดการสอนไว้ดังนี้

2.2.3.1 ช่วยลดภาระของครูผู้สอน เนื่องจากมีชุดการสอนสำเร็จอยู่แล้ว ผู้สอนจะดำเนิน การสอนตามคำแนะนำที่กำหนดไว้ให้ ผู้สอนไม่ต้องเสียเวลาในการทำสื่อการสอนใหม่ ทำให้ผู้สอน มีเวลาเตรียมการสอน และศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในเนื้อหาวิชาตามชุดการสอน ทำให้ผู้สอนมีประสบการณ์มากขึ้น อันจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการสอนของครู เพิ่มมากขึ้น

2.2.3.2 ทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้ในแนวเดียวกัน ผู้สอนแต่ละคน จะมีความรู้ความสามารถ ในการถ่ายทอดเนื้อหาแตกต่างกัน ดังนั้นในเรื่องเดียวกันผู้เรียนอาจได้รับความรู้หรือรายละเอียดของเนื้อหาต่าง ๆ เป็นคนละแนวไม่เท่ากัน ซึ่งชุดการสอนมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน มีเนื้อหา ข้อแนะนำเกี่ยวกับกิจกรรมและการใช้สื่อ ตลอดจนมีแบบทดสอบประเมินผลสัมฤทธิ์ไว้แล้วจะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้

2.2.3.3 ชุดการสอนช่วยให้เกิดประสิทธิภาพอย่างเชื่อถือได้ เนื่องจากสร้างขึ้นจากวิธีการเข้าสู่ระบบ (System Approach) โดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญหลายด้าน เช่น ด้านวิชาเฉพาะสาขานั้น ๆ ด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา ด้านการวัดและประเมินผล รวมถึง ผู้สอน ผู้เรียนและผู้ปกครองร่วมกันสร้างชุดการสอนขึ้น ซึ่งมีการทดลองใช้และปรับปรุงจนกระทั่งแน่ใจว่าได้ผลดีหลายครั้งในสถานการณ์ที่กำหนด ก่อนที่จะนำออกมาใช้ทั่วไป ทำให้มั่นใจว่าผู้สอนได้ใช้ชุดการสอนที่มีประสิทธิภาพเชื่อถือได้ (ลัดดา, 2522: 21)

สมหญิง (2529:72) ได้กล่าวไว้ว่า ชุดการสอนทุกประเภทย่อมให้คุณค่าแก่การเพิ่มคุณภาพการเรียนรู้

1. ในการถ่ายทอดเนื้อหา และประสบการณ์ที่มีลักษณะซับซ้อนเป็นนามธรรมได้ดี
2. เร้าความสนใจของผู้เรียนต่อการเรียนรู้ โดยมีส่วนร่วมในการเรียนด้วยตนเอง และกลุ่มย่อย
3. ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น ฝึกการตัดสินใจ แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ฝึกการรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
4. ช่วยสร้างความพร้อมและความมั่นใจแก่ผู้สอน เพราะชุดการสอนได้ผลดีอย่างมีระบบและมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ได้ตลอดเวลา

จากคำกล่าวของนักการศึกษาข้างต้น พอจะสรุปได้ว่า ชุดการสอนมีประโยชน์คือ ช่วยลดภาระในการเตรียมการสอนของผู้สอน ทำให้สามารถค้นคว้าเนื้อหาเพิ่มเติมได้ช่วยเพิ่มความมั่นใจในการให้เนื้อหาที่ซับซ้อน ผู้เรียนได้รับความรู้เป็นมาตรฐานเดียวกันและทำให้ประสิทธิภาพในการสอนเชื่อถือได้

2.3 หลักการและทฤษฎีที่นำมาใช้ในการสร้างชุดการสอน

หลักการและทฤษฎีที่สำคัญพื้นฐานในการสร้างชุดการสอน คือ

2.3.1 ความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individual Differences) นักการศึกษาได้นำหลักจิตวิทยาในด้านความแตกต่างระหว่างบุคคลมาใช้ เพราะผู้เรียนแต่ละคนจะเรียนรู้ตามวิถีทางของเขา และใช้เวลาเรียนในเรื่องหนึ่งๆ ที่แตกต่างกันไป ความแตกต่างเหล่านี้มีความแตกต่างในด้านความสามารถ (Ability) สติปัญญา (Intelligence) ความต้องการ (Need) ความสนใจ (Interest) ร่างกาย (Physical) อารมณ์ (Emotion) และสังคม (Social) ผู้สร้างชุดการสอนจึงพยายามที่จะหาวิธีการที่เหมาะสมในการที่จะทำให้ผู้เรียนได้เรียนอย่างบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ในชุดนั้น ๆ

2.3.2 การนำสื่อประสมมาใช้ (Multi Media Approach) เป็นการนำเอาสื่อในการสอนหลายประเภทมาใช้สัมพันธ์กันอย่างมีระบบ ความพยายามอันนี้ก็เพื่อที่จะเปลี่ยนแปลงการเรียนการสอนจากเดิมที่เคยยึดครูเป็นแหล่งให้ความรู้หลัก มาเป็นการจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนด้วยการใช้แหล่งความรู้จากสื่อประเภทต่าง ๆ

2.3.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ (Learning Theory) จิตวิทยาการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้กระทำดังนี้

2.3.3.1 เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2.3.3.2 ตรวจสอบผลการเรียนของตนเองว่าถูกหรือผิดได้ทันที

2.3.3.3 มีการเสริมแรงคือผู้เรียนจะเกิดความภาคภูมิใจที่ตนเองทำได้ถูกต้องเป็นการให้กำลังใจที่จะเรียนต่อไป

2.3.3.4 เรียนรู้ไปทีละขั้น ตามความสามารถและความสนใจของตนเอง

2.3.4 การใช้วิธีวิเคราะห์แบบ (System Analysis) โดยการจัดเนื้อหาวิชาให้สอดคล้องกันกับสภาพแวดล้อมและวัยของผู้เรียน ทุกสิ่งทุกอย่างที่จัดไว้ในชุดการสอนจะสร้างขึ้นอย่างมีระบบมีการตรวจสอบทุกขั้นตอน มีการทดลองปรับปรุงจนมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เป็นที่เชื่อถือได้ จึงนำเอาออกมาใช้ (เสาวนีย์, 2526: 292-293)

จากคำกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า ในการผลิตชุดการสอนนั้นจะต้องคำนึงถึงความแตกต่างของผู้เรียนในด้านความสามารถ สติปัญญา เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่สัมฤทธิ์ผลตามวัตถุประสงค์ให้ได้มากที่สุด

2.4 ขั้นตอนการสร้างชุดการสอน

การสร้างชุดการสอนโดยทั่วไปมีขั้นตอนที่สำคัญ 10 ขั้นตอน ดังนี้ (ไชยยศ, 2526: 199)

2.4.1 กำหนดหมวดหมู่เนื้อหาและประสบการณ์ อาจกำหนดเป็นหมวดวิชา หรือสหวิทยาการตามความเหมาะสม

2.4.2 กำหนดหน่วยการสอน แบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็นหน่วยการสอน โดยประมาณเนื้อหาวิชาที่ผู้สอนสามารถถ่ายทอดแก่ผู้เรียนได้ในหนึ่งสัปดาห์ หรือ หนึ่งครั้ง

2.4.3 กำหนดหัวเรื่อง ในการสอนแต่ละหน่วย ผู้สอนต้องการให้ประสบการณ์อะไรบ้างกับผู้เรียน แล้วกำหนดหัวเรื่องออกมาเป็นหน่วยการสอนย่อย

2.4.4 กำหนดคอนเซ็ปต์ (Concept) หรือหลักการ (Principle) หลักการที่กำหนดต้องสอดคล้องกับหน่วยและหัวเรื่อง โดยสรุปรวมแนวความคิด เนื้อหาหลัก และหลักเกณฑ์ที่สำคัญไว้เพื่อเป็น

แนวทางในการจัดเนื้อหาที่สอนให้สอดคล้องกัน

2.4.5 กำหนดวัตถุประสงค์ในการสอน จะกำหนดให้สอดคล้องกับหัวเรื่องโดยกำหนดเป็นวัตถุประสงค์ทั่วไปก่อนแล้วจึงเขียนเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และต้องมีหลักเกณฑ์การเปลี่ยนพฤติกรรมไว้ด้วย

2.4.6 กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกและผลิตสื่อการเรียนการสอน

2.4.7 กำหนดแบบประเมินผล เป็นการประเมินผล ให้ตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้แบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ เพื่อให้ผู้สอนทราบว่าหลังผ่านกิจกรรมแล้วผู้เรียนมีการเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

2.4.8 เลือกและผลิตสื่อการสอน วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการที่ผู้สอนเลือกใช้ ถือเป็นสื่อการสอนทั้งสิ้น เมื่อผลิตการสอนแต่ละหัวเรื่องแล้ว ต้องจัดสื่อการสอนนั้นให้เป็นหมวดหมู่ ก่อนนำไปทดลองหาประสิทธิภาพต่อไป

2.4.9 หาประสิทธิภาพของชุดการสอนที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเพื่อเป็นหลักประกันว่า ชุดการสอนที่สร้างนั้นมีประสิทธิภาพใช้ในการสอนได้ โดยการกำหนดเกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพ ต้องคำนึงถึง “กระบวนการ” และ “ผลลัพธ์” เป็นหลัก

2.4.10 การใช้ชุดการสอน ชุดการสอนที่ได้ปรับปรุงและมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้วสามารถนำไปใช้สอนผู้เรียนได้ตามประเภทของชุดการสอนและตามระดับการศึกษา โดยกำหนดขั้นตอนการใช้ได้ดังนี้ (สมหญิง, 2529: 70-71)

2.4.10.1 ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน

2.4.10.2 เข้าสู่บทเรียน

2.4.10.3 ประกอบกิจกรรมการเรียนรู้

2.4.10.4 สรุป

2.4.10.5 ทำแบบทดสอบหลังเรียน

จากข้อมูลที่ได้ศึกษามา สรุปได้ว่า การสร้างชุดการสอน จะทำได้โดยการนำเอาข้อมูลที่ได้จากหลักสูตรและคำอธิบายรายวิชา มาออกแบบชุดการสอน โดยมีวิธีการคือ

1. วิเคราะห์เนื้อหา
2. วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
3. กำหนดเนื้อหาวิชาที่จะใช้สอนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
4. สร้างใบเนื้อหาและแบบทดสอบ

5. จัดทำแผนการสอน โดยการกำหนดวิธีการสอน กิจกรรม สื่อที่ใช้ ตลอดจนการทำแบบฝึกหัดให้สอดคล้องกับเวลาและเนื้อหาในการสอนแต่ละครั้ง
6. ออกแบบและสร้างสื่อการสอนให้สอดคล้องกับแผนการสอนที่ได้จัดทำไว้
7. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.5 เกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพชุดการสอน (เสาวณีย์ , 2526: 56-57)

การหาประสิทธิภาพชุดการสอนที่ได้จากการวัดผลค่าคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาทั้งหมด จากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนทุกหัวข้อเรื่อง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยมีการกำหนดเกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพไว้หลากหลาย คือ 80/80 85/85 และ 90/90 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของรายวิชาและเนื้อหาที่นำมาสร้างชุดการสอนดังนี้

2.5.1 ถ้าเนื้อหาที่ค่อนข้างยาก การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการสอนที่สร้างขึ้นไว้ที่ 80/80 หรือ 85/85

80 ตัวแรก คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการที่วัดได้จากการทำแบบทดสอบท้ายบทระหว่างเรียนทุกหัวข้อเรื่องรวมกัน โดยคิดเป็นร้อยละ

80 ตัวหลัง คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่วัดได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนครบทุกหัวข้อเรื่อง โดยคิดเป็นร้อยละ

2.5.2 ถ้าเนื้อหาง่าย หรือเป็นชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพจะตั้งไว้ที่ 90/90

90 ตัวแรก คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการที่วัดได้จากการทำแบบทดสอบท้ายบทระหว่างเรียนทุกหัวข้อเรื่องรวมกัน โดยคิดเป็นร้อยละ

90 ตัวหลัง คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่วัดได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนครบทุกหัวข้อเรื่อง โดยคิดเป็นร้อยละ

2.6 วัดดูประสงค์เชิงพฤติกรรม

การจัดการเรียนการสอนมีจุดมุ่งหมายหลักคือ ต้องการให้ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ให้สามารถทำอะไรได้โดยที่ไม่เคยทำมาก่อน ดังนั้น วัดดูประสงค์เชิงพฤติกรรม จึงเป็นวัดดูประสงค์ที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวกำหนดแนวทางการจัดการเรียนการสอน และความสามารถของผู้เรียนอย่างชัดเจนหลังจากที่ได้กระบวนการเรียนการสอนแล้ว โดย

ผู้เรียนจะต้องแสดงพฤติกรรมที่ต้องวัดได้ ดังนั้นองค์ประกอบของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมจึงจำเป็นต้องมีองค์ประกอบที่เป็นคำที่สามารถวัดและประเมินได้

จึงกล่าวได้ว่า วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่แท้จริงก็คือ ข้อความซึ่งบ่งบอกพฤติกรรมที่คาดหวังให้เกิดแก่ผู้เรียนหลังจากการเรียนรู้ อันเกิดจากการสอนหรือการศึกษาด้วยสื่อการเรียนรู้ใด ๆ ก็ตาม พฤติกรรมดังกล่าวนั้นจะต้องสังเกต และวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดผล (สุราษฎร์, 2531:72)

2.6.1 ข้อดีของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

กฤษมณฑ์ (2540: 56) ได้กล่าวถึงข้อดีของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ไว้ดังนี้

2.6.1.1 ช่วยให้นักเรียนได้รู้เป้าหมายที่แน่ชัด นักเรียนจะต้องเรียนอะไร อย่างไร และจะต้องแสดงพฤติกรรมออกมาอย่างไร

2.6.1.2 ช่วยให้นักวางแผนหลักสูตร สามารถจัดลำดับรายวิชา และหน่วยการสอนได้ดียิ่งขึ้น การที่ทราบว่านักเรียนสามารถทำอะไรได้บ้างก่อนเริ่มต้นการเรียนรู้ จะช่วยขจัดเนื้อหาที่ซ้ำซ้อน และสามารถเพิ่มส่วนที่ขาดได้ดียิ่งขึ้น

2.6.1.3 ช่วยในการสื่อความหมายให้ผู้อื่นได้ทราบว่ากำลังสอนอะไร

2.6.1.4 ช่วยให้ผู้บริหารสามารถวินิจฉัยได้ว่า นักเรียนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้ถึงระดับไหน อย่างไร

2.6.1.5 ช่วยด้านการวัดผล ประเมินผล และติดตามผล ทำให้การออกข้อสอบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ หรือจุดมุ่งหมายมากขึ้น

2.6.1.6 ช่วยประหยัดเวลาในการเรียนการสอน เนื่องจากผู้สอนได้กำหนดทิศทาง ที่จะบรรลุเป้าหมายไว้ล่วงหน้าอย่างเด่นชัด

2.6.2 องค์ประกอบของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมประกอบด้วย 3 ส่วน (กานดา, 2528: 21)

2.6.2.1 พฤติกรรมการแสดงออก (Task or Behavior) การแสดงออกเป็นตัวบ่งบอกพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน ทำหน้าที่อธิบายบอกว่าผู้เรียนต้องทำอะไรบ้าง และต้องแสดงอาการกริยาอย่างไรออกมา จึงจะเป็นที่ยอมรับได้ว่าเขาได้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์นั้น ๆ แล้วเช่น บอกชื่อส่วนต่าง ๆ ของสก็ด หรืออธิบายวิธีการใช้สก็ด ๆ ขึ้นงาน

2.6.2.2 เงื่อนไข หรือขอบเขต (Condition) เป็นข้อความที่กำหนดขึ้นเพื่อบอกถึงสภาวะการแสดงออกของผู้เรียนว่าต้องอยู่ภายใต้ขอบเขตอะไรบ้าง คือ ผู้สอนสามารถจัดการเรียนการสอนได้ใกล้เคียงกัน ส่วนผู้เรียนเองก็สามารถจะบอกได้ว่าต้องทำอะไรหลังจากจบบทเรียนแล้ว เช่น จำแนกประเภทของการยึดชิ้นงาน จงยกตัวอย่างชิ้นงานที่กำหนด 10 ชิ้นให้ถูกต้อง

2.6.2.3 มาตรฐาน หรือเกณฑ์ (Standard or Criteria) เป็นการกำหนดว่าผู้เรียนจะต้องแสดงพฤติกรรมถึงระดับใดจึงจะยอมรับได้ว่าผู้เรียนได้บรรลุตามวัตถุประสงค์นั้น ๆ ทั้งนี้จะต้องพิจารณาถึงวัย และความสามารถของผู้เรียนในระดับนั้น ๆ ด้วยมาตรฐานของวัตถุประสงค์อาจกำหนดด้วยเกณฑ์ดังนี้

- ก. กำหนดด้วยเวลา เช่น เสร็จภายในเวลา 20 นาที
- ข. กำหนดด้วยสัดส่วน เช่น 8 ใน 10 ข้อ
- ค. กำหนดจำนวนต่ำสุด เช่น ไม่น้อยกว่า 5 ชนิด
- ง. ระบุเป็นค่าประมาณ เช่น ความผิดพลาด 0.01 มม.

จากการศึกษาเรื่องวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมสรุปได้ว่า วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเป็นข้อความที่บ่งบอกถึงพฤติกรรมที่คาดหวังให้เกิดแก่ผู้เรียนหลังจากการเรียนรู้ อันเกิดจากการสอนหรือการศึกษาด้วยสื่อการเรียนใด ๆ ก็ตาม โดยที่พฤติกรรมดังกล่าวนั้นจะต้องสังเกต และวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดผล โดยมีข้อดีทั้งผู้เรียน ผู้สอน และผู้บริหาร เพื่อที่จะทราบถึงจุดมุ่งหมายของการเรียนประกอบด้วย 3 ส่วน คือ พฤติกรรมการแสดงออก เงื่อนไขหรือขอบเขต มาตรฐานหรือเกณฑ์

2.6.3 การวิเคราะห์หัวข้อเรื่องเพื่อเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (สุราษฎร์, 2531: 42-52)

การวิเคราะห์หัวข้อเรื่องเพื่อเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเริ่มจากการรวบรวมหัวข้อเรื่องของวิชานั้น ๆ ด้วยการสำรวจว่าเนื้อหาในหลักสูตรรายวิชาเกี่ยวข้องกับอะไร จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ได้แก่ หลักสูตร เอกสารที่เกี่ยวข้อง ผู้เชี่ยวชาญ จากประสบการณ์และจากการสังเกตการทำงาน แล้วนำหัวข้อที่ได้จากแหล่งข้อมูลเหล่านั้นมาเก็บรวบรวมเข้าด้วยกันไว้ในรายการหัวข้อเรื่อง (Topic Listing Sheet) ลำดับต่อไป ทำการประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่อง ได้แก่ การส่งเสริมการแก้ปัญหา โดยให้คะแนนของหัวข้อเรื่องเป็น X I O และมีเกณฑ์ที่จะใช้เป็นข้อพิจารณา ดังนี้

การส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา พิจารณาว่าเมื่อเรียนเรื่องนั้น ๆ แล้วคาดว่าผู้เรียนจะนำความรู้ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาในการเรียน หรือการทำงานได้มากน้อยแค่ไหนดังนี้

X = ส่งเสริมการแก้ปัญหาต่าง ๆ ในการทำงานและการทำงานเป็นอย่างมาก ถ้าไม่ได้ศึกษาหัวข้อเรื่องนี้แล้วจะไม่สามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในหัวข้อนั้นได้ลุล่วง

I = ช่วยและส่งเสริมการแก้ปัญหา คือถ้าได้ศึกษาหัวข้อนั้น ๆ แล้วจะสามารถแก้ปัญหาในวิชานั้น ๆ ได้ถูกต้องและรวดเร็วเพิ่มมากขึ้นด้วย

O = เกือบจะไม่ช่วยส่งเสริมการแก้ปัญหาในการเรียนหรือการทำงานจะให้ผู้เรียนได้ศึกษาหรือไม่ ก็เกิดคุณค่าในการแก้ไขปัญหาในวิชานั้น ๆ ได้พอๆกัน

เมื่อได้หัวข้อเรื่องที่ได้ประเมินความสำคัญแล้ว ให้นำไปวิเคราะห์แยกย่อยในรายละเอียดของแต่ละหัวข้อเรื่อง เพื่อกำหนดจุดสำคัญที่สอนในแต่ละหัวข้อเรื่องเรียกว่า การกำหนดรายการเนื้อหาสำคัญ (Main Element) โดยศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากแหล่งต่าง ๆ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญในหัวข้อเรื่องนั้น ๆ เอกสารต่าง ๆ รวมถึงจากประสบการณ์และผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับหัวข้อนั้น ๆ หลังจากนั้นจึงกำหนดขอบเขตความรู้สำหรับแต่ละรายการเนื้อหาสำคัญว่าจะให้นักเรียนได้เรียนรู้สิ่งใดบ้างจากรายการเนื้อหาสำคัญและความรู้ที่ได้ก็นำไปใช้งานอย่างไรแล้วจึงนำข้อมูลนั้นไปกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อใช้ในการเรียนการสอน

จากการศึกษาแนวทางดังกล่าว เพื่อให้ได้มาซึ่งวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม พอจะสรุปวิธีการได้ดังนี้

1. ศึกษาจุดมุ่งหมายรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา
2. วิเคราะห์เนื้อหา
3. กำหนดความสำคัญของเนื้อหา
4. วิเคราะห์ความรู้ที่ต้องการให้ผู้เรียนรู้
5. ประเมินความสำคัญของหัวข้อความรู้
6. กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมจากเนื้อหาสำคัญของหัวเรื่อง

2.7 หลักเกณฑ์ในการเลือกใช้และผลิตสื่อการเรียนการสอน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับหลักเกณฑ์ในการเลือกใช้ และผลิตสื่อการเรียนการสอน มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงหลักเกณฑ์ในการเลือกใช้ และผลิตสื่อการเรียนการสอนไว้ดังนี้

วาสนา (2525: 16) ได้ให้หลักเกณฑ์การพิจารณาเลือกสื่อการเรียนการสอนไว้ดังนี้ คือ

1. ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม
2. เหมาะกับกิจกรรมหรือประสบการณ์ที่จัดขึ้นเพื่อการเรียนการสอน
3. เหมาะสมกับวัยและความสนใจของผู้เรียน
4. คำนึงถึงการประหยัด สื่อที่เลือกมาใช้ควรให้ผลคุ้มค่ากับการลงทุน ทั้งในด้านการเงินและเวลาที่เสียไป
5. มีซอฟต์แวร์ที่สัมพันธ์กับฮาร์ดแวร์

ถัดมา (2522: 67-68) ได้กล่าวถึงหลักเกณฑ์การพิจารณาเลือกสื่อการเรียนการสอนไว้ซึ่งสรุปได้ดังนี้คือ

1. เลือกสื่อที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน

2. เลือกสื่อที่สอดคล้องกับลักษณะการตอบสนองและพฤติกรรม ขั้นสุดท้ายของผู้เรียนที่คาดหวังจะเกิดขึ้น

3. เลือกสื่อการเรียนการสอน ที่เหมาะสมกับความสามารถและประสบการณ์เดิมของผู้เรียนแต่ละคน

4. เลือกสื่อ และอุปกรณ์ที่พอจะหาได้ ไม่จำเป็นต้องเป็นสื่อที่มีราคาแพงเสมอไป เทคนิคการสร้าง และการใช้สื่อการเรียนการสอน

กิดานันท์ (2543: 99) กล่าวถึงหลักการเลือกสื่อการสอนเพื่อนำมาใช้ประกอบการสอนไว้ดังนี้

1. สื่อนั้นต้องสัมพันธ์กับเนื้อหาบทเรียนและจุดมุ่งหมายที่สอน

2. เลือกสื่อที่มีเนื้อหาถูกต้อง ทันสมัย น่าสนใจ และเป็นสื่อที่ให้ผลต่อการเรียนการสอนมากที่สุด ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหานั้น ได้ดีเป็นลำดับขั้นตอน

3. เป็นสื่อที่เหมาะสมกับวัย ระดับชั้น ความรู้และประสบการณ์ของผู้เรียน

4. สื่อนั้นควรสะดวกในการใช้ มีวิธีใช้ไม่ซับซ้อนยุ่งยากจนเกินไป

5. ต้องเป็นสื่อที่มีคุณภาพเทคนิคการผลิตที่ดี มีความชัดเจนและเป็นจริง

6. มีราคาไม่แพงจนเกินไป หรือถ้าผลิตเองควรคุ้มกับเวลาและการลงทุน

พิสิฐ และธีระพล (2529: 143-145) กล่าวถึงเทคนิคการสร้างและการใช้สื่อต่างๆดังนี้

1. แผ่นใส การออกแบบแผ่นใสเพื่อใช้ประกอบการสอนสามารถจำแนกประเภทของแผ่นใสออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ

1.1 แบบแผ่นเดียวสมบูรณ์ ลักษณะของภาพจะสมบูรณ์ใน 1 แผ่น เหมาะกับการสอนเชิงบรรยาย แต่อาจนำมาสอนแบบสอบถาม-ตอบได้ โดยใช้เทคนิคการเปิด - ปิด ด้วยกระดาษตามขั้นตอนหรือรายละเอียดที่ต้องการเปิด-ปิดในขณะสอน

1.2 แบบภาพซ้อน (Over lay) ลักษณะของภาพจะออกแบบให้ซ้อนกันหลายแผ่น จึงสมบูรณ์ (ปกติประมาณ 2-5 แผ่น) ภาพซ้อนนี้ออกแบบเพื่อให้เนื้อหาที่ละขั้นตอนประกอบการสอนแบบบรรยายหรือถาม-ตอบ

1.3 แบบเคลื่อนไหว (Dynamic transparency) ลักษณะของภาพเป็นการออกแบบจัดแผ่นใส ตั้งแต่ 2 แผ่นขึ้นไป ให้สามารถเคลื่อนไหวในลักษณะเลื่อนในแนวตรงหรือหมุนเป็นมุมหรือรอบวงได้ จุดประสงค์เพื่อใช้ประกอบการสอน อุปกรณ์หรือ กลไกที่ต้องการเคลื่อนที่ขณะอธิบาย เพื่อเสริมความเข้าใจง่ายขึ้น

2. ใบเนื้อหา (Information sheet) จากผลการวิจัยพบว่า ผลการรับรู้หรือความเข้าใจในการรับเนื้อหาสามารถผ่านสื่อประสาททั้ง 5 ได้ในอัตราที่แตกต่างกัน สื่อประสาทที่มีผลเกี่ยวกับการ

เรียนรู้ที่สำคัญคือ ตาและหู ซึ่งตาสามารถรับรู้เนื้อหาได้มากถึง 75% และทางหูเพียง 15% ซึ่งผลการวิจัยนี้ทำให้เกิดแนวคิดในการพัฒนาวิธีการให้เนื้อหา โดยใช้สื่อผ่านโสตประสาทให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เน้นในการสร้างใบเนื้อหา ได้แก่

- 2.1 เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์โดยตรงเท่านั้น
- 2.2 ใช้คำง่ายๆ
- 2.3 มีเหตุผล มีข้ออ้างอิงตามความจำเป็น
- 2.4 ใช้ประโยคสั้น ๆ กระชับรัดกุม แทนประโยคยาวๆ
- 2.5 เมื่อใดสามารถใช้รูปแบบคำบรรยายได้ให้ใช้ทันที
- 2.6 คำอธิบายที่เกี่ยวข้องกับรูปภาพต้องสมบูรณ์พอที่จะให้ถอดเนื้อหาออกจากรูปภาพ

ได้เนื้อหาทุกตอนอ่านแล้วเข้าใจได้โดยไม่ต้องอธิบายปากเปล่า

สรุปได้ว่าหลักเกณฑ์ในการเลือกใช้และผลิตสื่อการเรียนการสอน คือ ต้องมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การสอน กิจกรรมการเรียนการสอน ระดับของผู้เรียน และสื่อที่เลือกใช้ควรมีหลากหลาย สะดวกในการจัดหาและสามารถผลิตได้ด้วยราคาไม่แพง

2.8 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญหรือเป็นศูนย์กลาง

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน มีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ อย่างถาวร การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจะเป็นรูปแบบใดนั้น ครูผู้สอนจะเป็นผู้พิจารณาโดยจะต้องคำนึงถึงว่าผู้เรียนจะต้องมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมนั้นมากที่สุดจนผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

2.8.1 ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ หรือเป็นศูนย์กลาง

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญหรือเป็นศูนย์กลาง มีนักการศึกษาหลาย ๆ ท่านได้ กล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญหรือเป็นศูนย์กลาง ไว้ดังนี้

รุ่ง (อ้างถึงใน พิเชฐ, วารสารมหาวิทยาลัยพายัพ, 17) กล่าวว่า “การเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางนั้น ครูจำเป็นต้องมีการวางแผนกิจกรรม ต้องมีการกระตุ้นให้นักเรียนได้พยายามที่จะศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง และเป็นการเรียนรายบุคคล ครูสามารถใช้บันทึกผลการเรียนหรือแฟ้มสะสมงาน (portfolio) เป็นเครื่องมือในการติดตามความก้าวหน้าในการเรียนของนักเรียน”

การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญคือ การสอนที่ครูเสริมแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สร้างบรรยากาศ และอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียน เรียนตามกิจกรรมที่ครูร่วมกับผู้เรียนจัดขึ้นเพื่อให้

ผู้เรียน เรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยมีการประเมินตามสภาพจริงและวัตถุประสงค์ปลายทางของการเรียนรู้คือ ผู้เรียนสามารถหาความรู้ได้เองตลอดชีวิต ตลอดจนมีคุณธรรม เจตคติ และจริยธรรมที่ดี (พิเชฐ , วารสารมหาวิทยาลัยพายัพ, 2546)

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนได้จัด หรือดำเนินการให้สอดคล้องกับความแตกต่างของผู้เรียนแต่ละบุคคล ความสามารถทางปัญญา วิธีการเรียนรู้ โดยการบูรณาการคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมที่พึงประสงค์ ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติจริง โดยการพัฒนากระบวนการคิด วิเคราะห์ ศึกษา ค้นคว้า ทดลอง และแสวงหาความรู้ด้วยตนเองตามความสนใจ ด้วยวิธีการ กระบวนการและแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลายที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงทั้งในและนอกห้องเรียน มีการวัดผล ประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามมาตรฐานหลักสูตรที่กำหนด (หน่วยศึกษานิเทศก์ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน อ้างถึงใน กรมวิชาการ, 2545)

การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ หมายถึง การเรียนการสอนที่ทำให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองจากเอกสาร ตำรา เพื่อน แหล่งความรู้ต่างๆ อาจารย์และสิ่งแวดล้อม โดยที่ผู้เรียนต้องมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน มีกระบวนการคิดและแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล มีหลักวิชาการรับ สร้างองค์ความรู้และประมวลความรู้ได้โดยมีผู้สอนเป็นผู้ส่งเสริม ให้ข้อมูลย้อนกลับและชี้แนะการเรียนรู้ของผู้เรียนในลักษณะการจัดประสบการณ์ที่ทำให้เกิดการเรียนรู้และมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในตัวผู้เรียน (มงคล, เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรเพื่อเสริมสมรรถภาพทางด้านการสอน วิชาทฤษฎีสำหรับอาจารย์ที่สอนวิชาชีพด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในระดับอุดมศึกษา, วิธีการสอน, 38)

การจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญหมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยคำนึงถึงประโยชน์ของผู้เรียนเป็นประการสำคัญ ใครก็ตามที่เป็นคนสำคัญของเรา เราย่อมมีความรัก ความปรารถนาดี ให้แก่เขา จะคิดจะทำอะไร ก็มักจะคิดถึงเขาก่อนคนอื่น และคิดถึงประโยชน์ที่เขาควรจะได้รับ

การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางหมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้กระทำใช้กระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยผ่านการมีส่วนร่วมในการพัฒนาการเรียนรู้ด้วยการทำกิจกรรมที่ใช้ความคิด ลงมือปฏิบัติจริง และสะท้อนความคิดจนเกิดการเรียนรู้ อย่างมีความหมาย ภายใต้ประสบการณ์และสิ่งแวดล้อมที่เอื้อและส่งเสริมให้เกิดการสร้างความรู้ ที่พร้อมไปด้วยข้อมูลที่มีลักษณะหลากหลาย และลุ่มลึก รวมทั้งมีความหลากหลายในวิธีการเข้าถึงข้อมูลเหล่านั้นด้วย ผู้เรียนเป็นผู้รับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเองนำไปสู่การให้อำนาจแก่ผู้เรียน และการเรียนรู้

ตลอดชีวิต (กิ่งฟ้า และสุลัดดา, วารสารส่งเสริมประสิทธิภาพการเรียนการสอน ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน 2545,1-12)

จากความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ หรือเป็นศูนย์กลางที่นักการศึกษาหลายๆ ท่านได้กล่าวไว้ พอที่จะสรุปได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญหรือเป็นศูนย์กลาง หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและการประเมินผลของครูผู้สอนที่หลากหลายรูปแบบโดยคำนึงถึงการมีส่วนร่วมของผู้เรียน โดยกิจกรรมที่จัดขึ้นผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติโดยตรง ครูผู้สอนเป็นคนให้ความช่วยเหลือชี้แนวทางในการปฏิบัติงาน ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ มีการประเมินผลการเรียนตามสภาพจริง จนทำให้ผู้เรียนสามารถรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และสามารถหาแหล่งเรียนรู้ตลอดชีวิตได้

2.8.2 วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

วิธีการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ อาศัยแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (หมวด 4) เป็นพื้นฐานในการศึกษา ค้นคว้า และพิจารณาใช้รูปแบบหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ได้ตามความเหมาะสม เทคนิคและวิธีการศึกษาค้นคว้า ดังนี้

(หน่วยศึกษานิเทศก์ สำนักงานคณะกรรมการศึกษาเอกชน)

1. การวิเคราะห์ผู้เรียน การรู้จักผู้เรียนเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม ช่วยให้ครูผู้สอนมีข้อมูลที่สำคัญในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม หลักการวิเคราะห์ผู้เรียนควรคำนึงถึงองค์ประกอบที่สำคัญ 3 องค์ประกอบ คือ ธรรมชาติของผู้เรียน ประสบการณ์และพื้นฐานความรู้เดิม และวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียน
2. การใช้จิตวิทยาการเรียนรู้และการบูรณาการคุณธรรม ค่านิยมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
3. การวิเคราะห์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานเชื่อมโยงกับการพัฒนาหลักสูตร และการจัดการเรียนรู้ในสถานศึกษา
4. การออกแบบการเรียนรู้ตามสภาพจริงให้สอดคล้องกับมาตรฐานหลักสูตร และเชื่อมโยงบูรณาการระหว่างกลุ่มวิชา โดยใช้ผลการเรียนรู้ที่กำหนดเป็นหลัก และใช้กระบวนการวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนรู้เพื่อบูรณาการการเรียนรู้ของผู้เรียน
5. การออกแบบวัดผล และประเมินตามสภาพจริง โดยใช้เครื่องมือวัดที่หลากหลาย เพื่อสะท้อนภาพให้เห็นได้ชัดเจน และแน่นอนว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้านต่างๆ อย่างไร ทำให้ได้ข้อมูลของผู้เรียนรอบด้านที่สอดคล้องกับความเป็นจริง เพื่อประกอบการใช้ตัดสินผู้เรียนได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

2.8.3 รูปแบบการสอนหรือวิธีสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (สมศักดิ์, 2541 อ้างถึงใน หน่วยศึกษานิเทศก์ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน)

รูปแบบการสอนหรือวิธีสอนที่เหมาะสมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีมากมายหลายวิธีแต่ละวิธีมีส่วนดีแตกต่างกัน ไม่มีรูปแบบการสอนหรือวิธีที่เหมาะสมกับเนื้อหาและความมุ่งหมายทุกชนิดครูผู้สอนจำเป็นต้องใช้วิจารณญาณเลือกใช้ให้เหมาะสม

การเลือกรูปแบบการสอนวิธีหรือวิธีสอนมาใช้ให้เหมาะสม ได้ผล เป็นศิลปะและยุทธศาสตร์ที่สำคัญของการสอน เนื่องจากมีมากมาย ซึ่งทุก ๆ วิธีย่อมมีประโยชน์และเหมาะสมในการนำมาใช้ทั้งสิ้น แต่ข้อสำคัญครูผู้สอนต้องเลือกให้เหมาะสม การจะเลือกรูปแบบการสอนหรือวิธีสอนใดมาใช้ก็ตาม ถ้าได้พิจารณาถึงประโยชน์ที่ผู้เรียนจะได้รับจากแนวทางความมุ่งหมายของการศึกษาแล้วควรคำนึงถึงสิ่งใดต่อไปนี้

1. ควรเป็นรูปแบบการสอนหรือวิธีสอนที่เสนอแนะแนวทางให้ผู้เรียนได้รับความรู้ ความเข้าใจต่อบทเรียนได้เป็นอย่างดี โดยไม่ต้องใช้เวลามาก และสามารถนำความรู้ไปใช้ได้จริง
2. ควรเป็นรูปแบบการสอนหรือวิธีการสอนที่ก่อให้เกิดเจตคติที่ดีถูกต้องกับสภาพความต้องการของสังคมและเป็นที่ยอมรับ
3. ควรเป็นรูปแบบการสอนหรือวิธีสอนที่ก่อให้เกิดทักษะต่างๆ แก่ผู้เรียน เช่น ทักษะการแสวงหาความรู้ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการแสดงออกทางสังคม การปรับตัวเข้ากับผู้อื่นได้ดี มีความรับผิดชอบ ทักษะในการเป็นสมาชิกที่ดีของกลุ่ม และสังคม เป็นต้น
4. ควรเป็นรูปแบบการสอนหรือวิธีสอนที่ก่อให้เกิดแนวทางที่จะนำความรู้ เจตคติ และทักษะต่างๆ ที่ได้ฝึกฝนเป็นอย่างดี เอาไปใช้และปฏิบัติในชีวิตประจำวันได้

การคัดเลือกรูปแบบการสอนหรือวิธีสอนใดมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญนั้น ต้องคำนึงถึงความสอดคล้องกับจุดประสงค์ เนื้อหาและวัยของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้วัดเร็ว ประสบผลสำเร็จ ครูเหนื่อยน้อย ทำการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และกระบวนการเรียนรู้ที่ดีต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียน ดังนี้

1. ทำงานเป็นทีม อันจะช่วยให้ผู้เรียนแต่ละคนได้เรียนรู้ถึงความรู้ ความสามารถ ความสนใจ และทักษะของแต่ละคน ก่อให้เกิดพลังการทำงานเป็นกลุ่ม พัฒนาความสามารถทางอารมณ์ และความเป็นประชาธิปไตย การทำงานเป็นทีมที่มีประสิทธิภาพนั้น สมาชิกของทีมต้องมีความสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน มีทักษะของการอยู่ร่วมกัน และทักษะของการทำงานร่วมกัน
2. แสดงออกอย่างอิสระ ในการสร้างผลงานที่มีคุณภาพทั้งในรูปโครงการและกิจกรรมต่างๆ

3. ปฏิบัติงานจริง เรียนรู้จากสภาพจริง มีประสบการณ์จริง สัมพันธ์กับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ฝึกหัดสร้างความเป็นชุมชน พัฒนาทักษะการจัดการ ทักษะการสื่อสาร ทักษะการคิด ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการตัดสินใจ ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ความสามารถที่จะเผชิญกับปัญหา ความยืดหยุ่น ฯลฯ

4. มีส่วนร่วม ในกระบวนการและทุกกิจกรรมที่มีการเรียนรู้ ภายใต้บรรยากาศที่ส่งเสริมสนับสนุนที่มีอิสรภาพ และผลิตผลในการเรียนรู้ ทำให้เพิ่มพูนความสามารถในการคิด การกระทำอย่างอิสระและสร้างสรรค์ การพัฒนาความอยากรู้อยากเห็น ทักษะคิดในการตั้งคำถาม และความตั้งใจอันจะนำไปสู่การพัฒนาเต็มตามศักยภาพ กระบวนการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้อย่างมีพลังเมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีส่วนร่วม (Participatory Learning) อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการสร้างสรรค์ด้วยตนเอง และมีโอกาสสร้างสรรค์ด้วยตนเอง และมีโอกาสในการเลือก การให้ผู้เรียนได้มีโอกาสได้รับความรู้ใหม่ ๆ ได้มากยิ่งขึ้น

5. คิดด้วยตนเอง การที่ผู้เรียนจะเกิดปัญญา ผู้เรียนจะต้องคิดเป็น คิดด้วยตนเอง และแสวงหาความรู้อย่างอิสระ

6. แสวงหาความรู้อย่างอิสระ เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้สิ่งต่าง ๆ จากธรรมชาติ จินตนาการ ความงาม ความจริง และความดี เพื่อเก็บข้อมูลเข้าไปสร้างเป็นโครงสร้างความรู้ในสมอง

7. ฝึกสมาธิ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถควบคุมจิตใจของตนเองให้สงบ มั่นคง จดจ่อ กับภารกิจที่ต้องทำอยู่ในปัจจุบัน ให้เป็นอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถควบคุมทุกอิริยาบถของชีวิตได้อย่างเหมาะสม อันจะนำไปสู่การบรรลุวัตถุประสงค์เป้าหมายชีวิต มีความสงบทางจิตใจ ผ่อนคลายความเครียด มีอารมณ์ดี ร่าเริง เบิกบาน มีความคิดสร้างสรรค์สูงมีพลังความคิดด้านบวก มีสมาธิสูงมีความรัก ความเมตตาที่ยิ่งใหญ่ มีจินตภาพและความจำดี

รูปแบบการสอนและวิธีสอนที่ได้มีผู้พัฒนาและผ่านกระบวนการทดลองมาแล้วและถือว่ามี ความเหมาะสมที่จะนำไปใช้จัดการเรียนรู้มีอยู่หลากหลายวิธี ซึ่งกรมวิชาการ (2544) ได้วิเคราะห์ และสังเคราะห์ผลงานวิจัย และวิทยานิพนธ์ ที่พิมพ์เผยแพร่ในช่วง พ.ศ. 2533-2543 จำแนกรูปแบบ การสอนเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

2.8.3.1 กลุ่มรูปแบบการสอน และวิธีสอนที่เน้นกระบวนการคิด ได้เสนอเป็นตัวอย่าง จำนวน 20 รูปแบบ ได้แก่

ก. การใช้กระบวนการแก้ปัญหา

ข. การเรียนรู้ “ฉลาดรู้”

- ค. การเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาคุณภาพความคิด
- ง. การเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ความรู้
- จ. การสอนโดยใช้ชุดการสอน
- ฉ. การสอนตามแนวพุทธวิธี
- ช. การสอนตามแนววัฏจักรการเรียนรู้
- ซ. การสอนตามวิธีของเทนนี่สัน
- ณ. การสอนตามหลักการเรียนรู้ของกาเย่
- ญ. การสอนที่เน้นทักษะกระบวนการ
- ฎ. การสอนเขียนแบบกระบวนการ
- ฏ. การสอนแบบโครงการ
- ฐ. การสอนแบบโครงงาน
- ฑ. การสอนแบบบูรณาการ
- ฒ. การสอนแบบรอบรู้
- ณ. การสอนแบบศูนย์การเรียนรู้
- ด. การสอนแบบสืบสวนสอบสวน
- ต. การสอนแบบอุปนัย
- ถ. การสอนแบบนิรนัย
- ท. การสอนรายบุคคลหรือการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2.8.3.2 กลุ่มรูปแบบการสอน และวิธีสอนที่เน้นการมีส่วนร่วม เป็นรูปแบบการสอนที่มีวัตถุประสงค์หรือให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกันได้ เสนอไว้เป็นตัวอย่าง 10 วิธี ได้แก่

- ก. การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม
- ข. การสอนโดยใช้กิจกรรมกลุ่ม
- ค. การสอนที่เน้นการเรียนรู้แบบร่วมมือ
- ง. การสอนแบบร่วมมือกันเรียนรู้
- จ. การสอนแบบกลุ่มสัมพันธ์
- ฉ. การสอนแบบซินดิเคต
- ช. การสอนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน
- ซ. การสอนสเตค
- ณ. กิจกรรมคิวชี หรือกิจกรรมกลุ่มสร้างคุณภาพ

ญ. การสอนแบบซิปปา

2.8.3.3 กลุ่มรูปแบบการสอน และวิธีสอนที่เน้นการพัฒนาพฤติกรรมและค่านิยม ได้เสนอไว้ 6 วิธี ได้แก่

- ก. การใช้สถานการณ์จำลอง
- ข. การทำค่านิยมให้กระจ่าง
- ค. การปรับพฤติกรรม
- ง. การสร้างเสริมลักษณะนิสัย
- จ. การสอนที่เน้นการพัฒนาศักยภาพ
- ฉ. การแสดงบทบาทสมมติ

จากการศึกษาเอกสารวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และรูปแบบการสอนหรือวิธีสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้วิจัยได้เลือกรูปแบบการสอนที่หลากหลายมาใช้ในการเรียนการสอน ได้แก่ การใช้กระบวนการแก้ปัญหา การเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาคุณภาพความคิด การสอนโดยใช้ชุดการสอน การสอนโดยใช้กิจกรรมกลุ่ม และการสอนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน รูปแบบการสอนที่ผู้วิจัยเลือกมาใช้เป็นรูปแบบการสอนที่เน้นกระบวนการคิด การมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมของผู้เรียน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหา วางแผนงานอย่างเป็นระบบ และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

2.9 การสร้างแบบทดสอบ

การทดสอบหรือการสอบเพื่อวัดผลใด ๆ ให้ดีมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับนั้นจะต้องมีเครื่องมือวัดผลที่เหมาะสม ซึ่งเครื่องมือในการวัดผลการเรียนรู้นั้นคือ แบบทดสอบ

แบบทดสอบ หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่สร้างอย่างมีระบบเพื่อใช้วัดพฤติกรรมของนักเรียน อาจะวัดทางด้านสมอง (Cognitive domain) ทางด้านอารมณ์ (Affective domain) และทางด้านของความเคลื่อนไหวทางด้านร่างกาย (Psychomotor domain) (ล้วนและอังคณา, 2538: 170)

2.9.1 ลักษณะการสอบแบบอิงกลุ่มและอิงเกณฑ์

2.9.1.1 การสอบแบบอิงกลุ่ม (Norm-Referenced Testing) เป็นการสอบเพื่อบรรยายหรือพรรณนาผลการสอน ในรูปของความสัมพันธ์ของตำแหน่งที่ผู้เรียนได้รับไปเปรียบเทียบกับกลุ่มเช่น สอบได้ที่ 5 ในจำนวน 50 คน หรือสอบได้ที่ 85 ใน 100 คน เป็นต้น ไม่ว่าสอบในช่วงไหนเมื่อแปลผลการสอบในลักษณะนี้ เรียกว่า เป็นการวัดแบบอิงกลุ่ม ดังนั้นชื่อของการสอบจึงเป็นแบบสอบไล่ (Final Examination) หรือสอบหลังจากเรียนในรายวิชานั้น ๆ แล้ว บางทีเรียกว่า

การสอบรวม หรือการสอบปลายภาคเรียน (Summative Testing)

2.9.1.2 การสอบแบบอิงเกณฑ์ (Criterion - Referenced Testing) เป็นการสอบเพื่อพรรณนาผลการสอบเฉพาะอย่าง ว่าผลเป็นอย่างไร ดีความหมายแบบสัมบูรณ์ (Absolute) มากกว่าแบบสัมพัทธ์ (Relative) เพื่ออ้างอิงสู่พฤติกรรมของผู้เรียนซึ่งนิยามกรอบเฉพาะเอาไว้เป็นอย่างดี การสอบแบบอิงเกณฑ์จึงเกี่ยวข้องกับการสอนเพื่อการเรียนรู้ (Mastery Learning) การที่กำหนดเกณฑ์มาตรฐานหรือเกณฑ์บางอย่าง จึงเกี่ยวกับการเรียนรู้เป็นสำคัญ (Mastery or Nonmastery) เช่น พิมพ์หนังสือได้ 40 ตัวใน 1 นาที ไม่มีผิด เกณฑ์ที่จะกำหนดว่าเรียนรู้หรือไม่เรียนรู้ผ่านหรือไม่ผ่านนั้น มีวิธีการหลายวิธี การสอบแบบนี้ใช้เพื่อตรวจสอบว่ากระบวนการเรียนรู้การสอนในจุดประสงค์ย่อยหนึ่ง ๆ เป็นอย่างไรควรผ่านหรือควรหาทางเสริมอะไรเพิ่มขึ้นให้ผู้เรียนเพื่อจะได้ผ่านจุดประสงค์นี้ เป็นการสอบระหว่างการเรียนการสอน บางทีเรียกว่าการสอบย่อย (Formative Testing) การเขียนข้อสอบอาจแตกต่างจากการวัดผลแบบอิงกลุ่มบ้างเล็กน้อยในกระบวนการทำให้ข้อสอบเพื่อวัดจุดประสงค์หรือกรอบ (Domain) ของความรู้ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

2.9.2 ลักษณะของแบบทดสอบที่ดี ต้องมีลักษณะดังนี้

2.9.2.1 ความเที่ยงตรง (Validity) เป็นคุณลักษณะของแบบทดสอบที่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้อง ตรงตามความมุ่งหมาย

2.9.2.2 ความเชื่อมั่น (Reliability) คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบจะต้องมีความคงที่ในการวัด ไม่ว่าจะทดสอบสิ่งเดียวกันกี่ครั้ง ผลที่ได้จะต้องมีความคงเส้นคงวา

2.9.2.3 ความยากของข้อสอบ (Difficulty) พอเหมาะ ไม่ยากหรือง่ายเกินไป

2.9.2.4 อำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นลักษณะของข้อสอบที่สามารถจำแนกนักเรียนออกตามความสามารถ

2.9.2.5 ความเป็นปรนัย (Objectively) ข้อสอบที่มีข้อความเป็นปรนัยจะมีคุณสมบัติ 3 ประการคือ

ก. มีความแจ่มชัดในคำถาม ผู้สอบอ่านคำถามแล้วมีความเข้าใจตรงกัน

ข. การตรวจให้คะแนนตรงกันไม่ว่าใครจะเป็นผู้ตรวจ หรือตรวจเมื่อใด

ค. แปลความหมายตรงกัน

2.9.2.6 ถามลึก (Searching) ควรถามให้ผู้เรียนรู้จักหาเหตุผล ในการค้นหาคำตอบ

2.9.2.7 คำถามมีลักษณะตัวอย่าง (Exemplary) ข้อสอบต้องมีลักษณะท้าทายให้ผู้เรียนอยากทำ ไม่ง่ายหรือยากจนเกินไป ไม่ซ้ำซากจนน่าเบื่อหน่าย และควรเรียง ข้อสอบจากง่ายไปยาก

2.9.2.8 ความยุติธรรม (Fairness) แบบทดสอบที่ดีต้องให้ความเสมอภาคกัน ไม่เปิด

โอกาสให้ผู้สอบได้เปรียบหรือเสียเปรียบ ไม่ลำเอียงเข้ากับกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง

2.9.2.9 มีลักษณะเฉพาะ (Specificity) ผู้สอบสามารถตอบข้อสอบได้ถูกต้อง ต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ โดยไม่ได้ใช้สามัญสำนึกก็ตอบได้

2.9.2.10 มีประสิทธิภาพ (Efficiency) แบบทดสอบที่มีประสิทธิภาพจะให้ประโยชน์คุ้มค่าที่สุด โดยใช้เวลา แรงงานและเงินน้อยที่สุด (กานดา, 2528: 51-52)

2.9.3 ชนิดของแบบทดสอบ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการตอบ ดังนี้

2.9.3.1 แบบอัตนัย (Subjective or Essay Test) เป็นแบบทดสอบที่จะต้องใช้ให้ผู้สอบรวบรวมจัดระเบียบความคิดในการตอบ เหมาะสำหรับการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การตรวจให้คะแนนขึ้นอยู่กับอารมณ์ของผู้ตรวจและใช้เวลามาก ข้อสอบอัตนัยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

ก. แบบไม่จำกัดคำตอบเป็นข้อสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้อย่างอิสระ

ข. แบบจำกัดคำตอบ เป็นข้อสอบที่ถามแบบเจาะจงต้องการคำตอบเฉพาะ

2.9.3.2 แบบปรนัย (Objective Test) มีคุณสมบัติที่สำคัญคือความเป็นปรนัย กล่าวคือมีคำถามชัดเจน ทุกคนอ่านแล้วตีความได้ตรงกัน การตรวจให้คะแนนมีเกณฑ์ที่แน่นอน ไม่ว่าจะตรวจเมื่อใดหรือใครตรวจจะได้คะแนนที่คงที่เสมอ ถ้าพิจารณาข้อสอบแบบปรนัยตามลักษณะโครงสร้างของคำถามและคำตอบแล้วอาจแบ่งได้เป็น 2 แบบคือแบบเขียนตอบ (Supply Type) และแบบเลือกตอบ (Selection Type) ดังนี้

ก. ข้อสอบแบบเขียนตอบ ประกอบด้วย

- ข้อสอบเติมคำ
- ข้อสอบตอบสั้น

ข. แบบเลือกตอบ ประกอบด้วย

- ข้อสอบถูกผิด
- ข้อสอบจับคู่
- ข้อสอบเลือกตอบ

2.9.4 ประเภทของแบบทดสอบ

เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนในแต่ละบทเรียนหรือทั้งรายวิชา จะต้องมีการวัด และประเมินผลเพื่อดูว่าผู้เรียนบรรลุผลตามวัตถุประสงค์การสอนที่วางหรือไม่การวัด และการประเมินผลแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

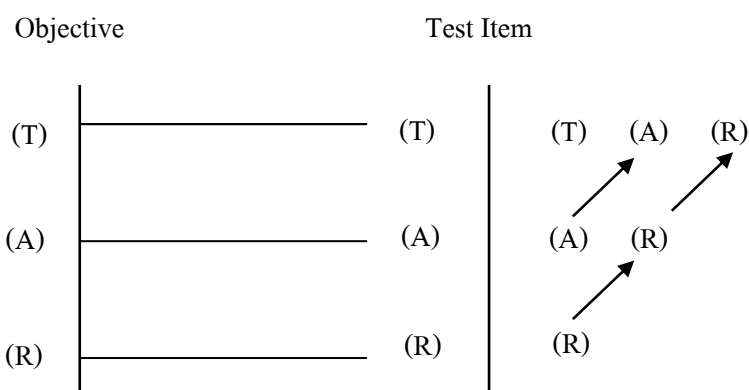
2.9.4.1 การวัดและประเมินผลความก้าวหน้าในการเรียน มีจุดมุ่งหมายคือ ต้องการทราบว่าผู้เรียนแต่ละคนมีการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ครบถ้วนเพียงใด เพื่อนำข้อมูลที่ได้ดังกล่าว

มาปรับปรุงการเรียนการสอน หรือนำมาจัดกิจกรรมซ่อมเสริมให้แก่ผู้เรียนอีกครั้งหนึ่ง

2.9.4.2 การวัด และประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีจุดมุ่งหมายคือ ต้องการทราบว่าผู้เรียนแต่ละคนมีความสามารถตามวัตถุประสงค์ที่สำคัญของรายวิชานั้น ๆ มากน้อยเพียงใด เพื่อจะนำข้อมูลที่ได้ไปจัดแบ่งระดับผู้เรียน พิจารณาผู้ใดผ่านหรือไม่ผ่านในรายวิชานั้น ๆ ต่อไป ดังนั้นจึงเรียกแบบทดสอบที่ใช้วัดความก้าวหน้าในการเรียน โดยเฉพาะว่า“แบบทดสอบวัดความก้าวหน้า”(Progressive Test) และ“แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์”(Achievement Test)(สุรยาษฎร์, 2530: 117-118)

2.9.5 การสร้างแบบทดสอบวัดความก้าวหน้า

2.9.5.1 ปริมาณของข้อสอบตามวัตถุประสงค์นั้นปกติจะถือว่า ข้อสอบที่ดีนั้นจะต้องวัดตรงตามระดับของวัตถุประสงค์ อย่างน้อยที่สุด วัตถุประสงค์ 1 ข้อ ปัญหาในการสร้างข้อสอบแบบนี้คือ ถ้าหากนำข้อสอบซึ่งวัดความสามารถระดับส่งถ่ายความรู้ (Transfer Knowledge) ไปวัดผลผู้เรียนแล้วผู้เรียนทำข้อทดสอบนั้นไม่ได้ จะหมายความว่าผู้เรียนคนนั้นไม่บรรลุผลการเรียนในระดับนำความรู้ไปใช้ (Apply Knowledge) และระดับฟื้นคืนความรู้ (Recall Knowledge) ด้วยหรือไม่ จากปัญหาดังกล่าวจึงมีข้อสังเกตว่า สำหรับข้อสอบในแบบทดสอบวัดความก้าวหน้าในการเรียนนั้น ไม่ควรมีเพียงข้อเดียวใน 1 วัตถุประสงค์ (โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุประสงค์ในระดับนำความรู้ไปใช้งานและส่งถ่ายความรู้) เพราะให้รายละเอียดเกี่ยวกับความรู้หรือความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนไม่ได้ ดังนั้นวิธีการที่จะทำให้ได้ข้อมูลมากขึ้น ทำได้โดยการออกข้อสอบให้มากขึ้นในวัตถุประสงค์ระดับสูง ๆ ดังภาพ 2-1



ภาพที่ 2-1 ระดับวัตถุประสงค์การสอนกับจำนวนข้อสอบที่ใช้วัด

2.9.5.2 ปริมาณของข้อสอบตามเงื่อนไขของวัตถุประสงค์ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นที่จะต้องมีการมีข้อสอบหลายข้อในแต่ละวัตถุประสงค์โดยจะนำมาซึ่งข้อมูลจากการสอบที่แสดงถึง

สมรรถภาพที่แท้จริงของผู้เรียนได้ บางวัตถุประสงค์มีเงื่อนไขหรือขอบเขตที่จะทำให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมในทางที่ต้องการเพียงอย่างเดียว แต่มีบางวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมหลายอย่าง ดังนั้นในการออกข้อสอบผู้สอนจะต้องคำนึงถึงขอบเขตของวัตถุประสงค์ด้วยว่า จะออกข้อสอบจำนวนเท่าใดจึงจะวัดผลได้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์แต่ละข้ออย่างแท้จริง

2.9.5.3 ลักษณะสำคัญของแบบทดสอบวัดความก้าวหน้า การวัดและประเมินจะกระทำทันทีที่บทเรียนนั้นสิ้นสุดลง และจะต้องบอกให้ผู้เรียนทราบด้วยว่าตัวเองบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้มากน้อยเพียงใด จึงต้องเป็นแบบทดสอบที่ตรวจคำตอบได้ง่าย โดยทั่วไปแล้วจะนิยมสร้างเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย (สุราษฎร์, 2530: 119-124)

2.9.6 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หลังจากการเรียนรู้การสอนวิชาต่าง ๆ แล้วจำเป็นต้องมีสิ่งที่จะต้องมีการวัด และประเมินผลผู้เรียนว่ามีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนมากน้อยเพียงใดเพียงพอที่จะศึกษาต่อไปหรือไม่ หรือว่าควรจะเรียนซ้ำในรายวิชานั้น ๆ อีกครั้ง ดังนั้นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงต้องอาศัยเครื่องมือที่มีคุณภาพ ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดสร้างดังนี้

2.9.6.1 วิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอนทั้งหมดของวิชา การวัดผลสัมฤทธิ์มีข้อจำกัดในเรื่องเวลาจำเป็นจะต้องตัดบางวัตถุประสงค์ที่มีความสำคัญน้อยออกไป สร้างเฉพาะข้อสอบที่สำคัญและมีความจำเป็นจริงๆ โดยเขียนวัตถุประสงค์ทั้งหมดของรายวิชานั้นๆ ไว้ในตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน(Objective Listing Sheet) ตรวจสอบดูว่าวัตถุประสงค์แต่ละข้อเน้นให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมในการเรียนรู้สูงถึงระดับใด ใช้สัญลักษณ์แทนความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียนตามที่ระบุไว้ในวัตถุประสงค์โดยให้ R แทนวัตถุประสงค์ในระดับพื้นฐานความรู้ A แทนระดับนำความรู้ไปใช้งาน T แทนระดับส่งถ่ายความรู้และระดับความสำคัญของวัตถุประสงค์การสอนแต่ละข้อให้แทนด้วยสัญลักษณ์ X I O และน้ำหนักตามความสำคัญเป็น 3 2 1 ตามลำดับ สำหรับวัตถุประสงค์การสอนที่มีความสำคัญมาก สำคัญรองลงมาและสำคัญน้อยที่สุด ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน (Objective Listing Sheet)

Topic	Behavioral Objective	LS	X I O	3 2 1	Point
1	1.	R	O	1	6
	2. (เขียนข้อความวัตถุประสงค์การสอน)	A	I	2	
	3.	T	X	3	
Total				6	6

2.9.6.2 การสร้างตารางวิเคราะห์ออกข้อสอบ (Test Blueprint) หลังจากวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอนแล้ว จะนำข้อมูลมาใส่ในตาราง วิเคราะห์ออกข้อสอบ ซึ่งจะเป็นแผนผังสำหรับครูใช้ในการพิจารณาออกข้อสอบ มีส่วนประกอบสำคัญ คือ รายการวัตถุประสงค์การสอนที่ระบุไว้ในแต่ละหัวข้อเรื่อง (Topic) ของวิชา รายการลำดับความสามารถทางสติปัญญา (Level of Intellectual Skill) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์การสอนแต่ละหัวข้อที่ต้องการ และจำนวนข้อสอบที่วัดพฤติกรรมตามระดับของวัตถุประสงค์การสอนต่าง ๆ

ส่วนจำนวนข้อสอบที่วัดนั้นมีความสัมพันธ์อยู่กับเวลาที่กำหนดไว้สำหรับการสอนวิชานั้น ๆ เวลาที่ใช้ในการสอบมากจำนวนข้อสอบที่จะวัดมีจำนวนมากด้วย ในขั้นตอนการคำนวณจำนวนข้อของข้อสอบ โดยคิดว่าแต่ละนาที่ให้ออกข้อสอบเป็นปรนัยเลือกตอบ 1 ข้อ ปรับปรุงข้อมูลตารางเพื่อออกข้อสอบเป็นแบบอัตนัยร่วมด้วย ก็ทำได้หลังจากพิจารณาแล้วเห็นว่าวัตถุประสงค์การสอนข้อนั้นควรออกข้อสอบเป็นแบบอัตนัย

เมื่อได้จำนวนข้อสอบแล้วนำมาคำนวณหาจำนวนข้อสอบ โดยเทียบจำนวนข้อสอบกับจำนวนเต็มสำคัญ จะได้จำนวนเต็มสำคัญต่อข้อสอบ 1 ข้อ จากนั้นพิจารณาวัตถุประสงค์การสอนในแต่ละหัวข้อเรื่อง จากการเทียบกับอัตราส่วนเต็มสำคัญกับข้อสอบดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์ออกข้อสอบ (Test Blueprint)

Content	Level of Intellectual Skill			เต็ม	ITEM	NOTE
	Recall	Apply	Transfer			
Topic 1						
1.	O			7	3	ตัด
2.		X(2)				2
3.			X(1)			1
Topic 2						
1.	I(1)					1
2.	O			9	3	ตัด
3.		X(1)				1
4.		X(1)				1

จากตารางที่ 2-2

ข้อสอบ 6 ข้อ มีแต้มสำคัญ เท่ากับ 16 แต้ม

ข้อสอบ 1 ข้อ มีแต้มสำคัญ เท่ากับ 2.66 แต้ม

2.9.6.3 การเลือกข้อสอบที่เหมาะสม กับระดับวัตถุประสงค์ข้อสอบ ที่ใช้วัดความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ข้อสอบ อัตนัยและข้อสอบ ประนัย การที่จะเลือกข้อสอบแบบไหน วัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียนนั้น ให้พิจารณาดังนี้

ก. ระดับของวัตถุประสงค์การสอน ข้อสอบแบบปรนัยเลือกตอบสร้างขึ้นเพื่อวัดระดับพื้นฐานความรู้ ระดับนำความรู้ไปใช้งานทำได้ง่าย แต่การสร้างเพื่อวัดระดับการส่งถ่ายความรู้อาจทำได้ยาก จึงควรใช้ข้อสอบแบบอัตนัยซึ่งสามารถใช้วัดได้ตั้งแต่ระดับพื้นฐานจนถึงระดับส่งถ่ายความรู้ได้ดี ดังนั้นถ้าพิจารณารายละเอียดของวัตถุประสงค์การสอนแล้วถ้าเห็นว่าวัตถุประสงค์แบบส่งถ่ายความรู้ข้อใด ต้องอาศัยวัตถุประสงค์การสอนระดับอื่น ๆ เป็นพื้นฐานหรือมีส่วนเกี่ยวข้องกันอยู่ ก็อาจออกข้อสอบอัตนัยวัดผลได้

ข. เวลาในการจัดสร้างและตรวจให้คะแนนในการสอบแต่ละครั้งมีการใช้เวลาอย่างมากในการออกข้อสอบอัตนัย 4-5 ข้อ เพื่อใช้วัดผลในรายวิชาหนึ่งๆ เมื่อเทียบกับการสร้างข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 80 ข้อ ในวิชาเดียวกัน แต่เมื่อเทียบเวลาในการตรวจให้คะแนนจะเห็นว่า ต้องใช้เวลาในการตรวจให้คะแนนข้อสอบแบบอัตนัยมากกว่า ดังนั้นเวลาจึงเป็นข้อกำหนดเบื้องต้นประการหนึ่งสำหรับครูผู้ออกข้อสอบ กล่าวคือถ้าผู้ออกข้อสอบมีเวลาในการเตรียมตัวออกข้อสอบน้อย แต่มีเวลาตรวจให้คะแนนหลังสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ควรออกข้อสอบอัตนัยวัดผลได้ แต่ถ้ามีเวลาในการออกข้อสอบมาก และมีเวลาในการตรวจให้คะแนนน้อยการใช้ข้อสอบแบบปรนัยวัดผลจะเหมาะสมมากกว่า

ค. จำนวนผู้เข้าสอบในแต่ละครั้ง ถ้าผู้เข้าสอบมีจำนวนน้อยและข้อสอบที่ใช้ไม่ได้นำไปใช้กับกลุ่มอื่น ๆ อีกต่อไปก็อาจจะใช้ข้อสอบแบบอัตนัยวัด หากผู้เข้าสอบมีจำนวนมาก และข้อสอบที่ใช้นั้นจำเป็นต้องนำไปใช้กับกลุ่มอื่นๆอีก ข้อสอบที่ใช้วัดก็ควรเป็นข้อสอบแบบปรนัย เพราะผู้สอบจะจำข้อสอบแบบปรนัยจำนวนมากได้ยากกว่าจำข้อสอบแบบอัตนัยเพียง 4-5 ข้อ

ง. ข้อพิจารณาในการสร้างข้อสอบ การออกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของผู้เรียนในวิชาต่างๆ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องสร้างข้อสอบจำนวนมาก เพื่อให้ทำให้ออกข้อสอบละเอียดง่ายขึ้น จึงควรที่จะออกข้อสอบแต่ละข้อแยกไว้ข้อละแผ่น พร้อมจัดเตรียมคำตอบเฉลยและการให้คะแนนเอาไว้ด้วย (สุรยาษฎร์, 2530: 125-131)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดการสอน เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างชุดการสอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ชูชาติ (2541) ได้สร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า 2 เรื่อง อนุกรมฟูเรียร์ การแปลงฟูเรียร์ การประยุกต์ใช้งานฟูเรียร์ในวงจรไฟฟ้า และวงจรสองพอร์ต หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พุทธศักราช 2543 ผลการวิจัยพบว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.66/78.24 แบบฝึกหัดเป็นไปตามเกณฑ์ ส่วนแบบทดสอบต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ถือได้ว่ายังมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และเมื่อนำคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุธน (2545) ได้สร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาวงจรไฟฟ้า 2 เรื่องวงจรไฟฟ้า 3 เฟส หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2540 กรมอาชีวศึกษา ผลวิจัยปรากฏว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.87/82.45 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

อรอนงค์ (2545) ได้ทำการวิจัย การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชา การวิเคราะห์ และออกแบบวงจรดิจิทัล หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พุทธศักราช 2543 ผลการวิจัยพบว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 83.60/80.71 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด อีกทั้งชุดการสอนที่สร้างขึ้นนี้ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ .01

สุปราณี (2544) ทำการวิจัย การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาการระบบควบคุม หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนวิชาการระบบควบคุม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการทำแบบฝึกหัดของกลุ่มตัวอย่างเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 81.25 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 81 แสดงว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.25/81 ซึ่งสูงกว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ 80/80

ดิเรก (2543) ทำการวิจัย การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาการระบบโทรคมนาคม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พุทธศักราช 2535 ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอน วิชาการระบบโทรคมนาคม ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.75/81.31 แสดงว่าชุดการสอนนี้ มีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ 80/80

เดือนใจ (2541) ได้สร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาการวิเคราะห์วงจรจ่าย ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พุทธศักราช 2538ผลวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.02/80.32ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอน สรุปได้ว่า ชุดการสอนเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาอย่างหนึ่งที่มีประโยชน์สูง สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เกี่ยวกับการเรียนการสอนโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียนการสอนวิชาทางด้านการแก้ปัญหาหรือการประยุกต์ใช้งาน

ผลจากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดการสอน เรื่อง เซนเซอร์ วิชา ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม ที่ผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ดังกล่าวข้างต้น ทำให้ทราบถึงรายละเอียดของเนื้อหาเรื่อง เซนเซอร์ วิชา ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม ที่ถือว่าเป็นเรื่องที่สำคัญในการศึกษาในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ขั้นตอนการสร้างชุดการสอนให้มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน การกำหนดเกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพของชุดการสอน การเลือกสื่อการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม การกำหนดรูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ที่มีอยู่หลากหลายให้เหมาะสมกับระดับของผู้เรียน และตรงตามเป้าหมายที่ผู้สอนได้วางไว้ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทั้งร่างกายและจิตใจ และการสร้างแบบทดสอบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเอาหลักการต่างๆ จากเอกสารและงานวิจัยเหล่านี้มาเป็นแนวทางในการสร้างชุดการสอน เรื่อง เซนเซอร์ วิชา ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม สร้างขึ้นตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ขส.ทบ. ที่เป็นนวัตกรรมการศึกษาซึ่งนำสื่อประสมที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาของหลักสูตร มาใช้ในระบบการเรียนการสอน ได้แก่ สื่อการเรียนการสอนที่ประกอบด้วยภาพเคลื่อนไหวร่วมกับการนำเสนอเพาเวอร์พอยต์ และชุดสาธิต เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่วัดได้จากการทำแบบทดสอบ

วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครบทุกหัวเรื่องโดยคิดเป็นร้อยละ 80

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน

$\sum f$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

N คือ จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียนทุกหัวเรื่องรวมกัน

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

3.6.6 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน (ฉัตรศิริ, 2544: 129-132)

การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ แบบข้อมูล 2 ชุด มีความสัมพันธ์กัน วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม SPSS for window

จากนั้นนำมาแทนค่าในสูตรหาค่าดัชนีความสอดคล้อง

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

เมื่อ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency)

$\sum R$ คือ ค่าผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ซึ่งเกณฑ์การแปลความหมายดัชนีความสอดคล้อง มีดังนี้

0.50 ถึง 1.00 หมายถึง สอดคล้อง

-0.50 ถึง 0.49 หมายถึง ไม่แน่ใจ

-1.00 ถึง -0.49 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

3.6.2 การวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ

การหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่น และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Simple Items Analysis (SIA)

3.6.3 การวิเคราะห์ผลจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและนักศึกษา เกี่ยวกับความเหมาะสมของชุดการสอน โดยหาค่าเฉลี่ยจากคะแนนที่แจกแจงความถี่แล้ว และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม SPSS for window (ฉัตรศิริ, 2544: 129-132)

3.6.4 การแปลความหมายของแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และนักศึกษา (ชูศรี, 2544:75) มีรายละเอียดดังนี้

ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่	4.51 - 5.00	หมายถึง	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่	3.51 - 4.50	หมายถึง	มาก
ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่	2.51 - 3.50	หมายถึง	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่	1.51 - 2.50	หมายถึง	น้อย
ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่	1.00 - 1.50	หมายถึง	น้อยมากที่สุด

3.6.5 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอน (เสาวณี, 2526: 56-57)

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

$$E_2 = \frac{(\sum f/N)}{B} \times 100$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการที่วัดได้จากการทำแบบทดสอบ
ทำขบเรียนทุกหัวเรื่องรวมกันโดยคิดเป็นร้อยละ 80

3.5 การดำเนินการทดลอง

เมื่อปรับปรุง และแก้ไขชุดการสอนที่อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองโดยการนำชุดการสอนไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

3.5.1 ชุดการสอนนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนเอง

3.5.2 จัดแจงรายละเอียดการเรียนการสอนกับผู้เรียน ถึงรูปแบบการเรียน การเตรียม

อุปกรณ์ในการเรียน และการทำแบบทดสอบ

3.5.3 ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นเครื่องมือในการทดสอบ

3.5.4 ดำเนินการสอนด้วยชุดการสอนที่สร้างขึ้น กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ชส.ทบ. โดยทำการสอนสัปดาห์ละ 1 วันๆ ละ 2 คาบ (100 นาที) ตามตารางการเรียนของนักศึกษาจำนวน 6 สัปดาห์ และทำแบบทดสอบท้ายบทในแต่ละหัวเรื่องเพื่อประเมินความก้าวหน้าทางการเรียน

3.5.5 ทดสอบหลังเรียน (Posttest) เมื่อดำเนินการสอนครบทุกหัวเรื่องแล้ว ทำการทดสอบผลการเรียนอีกครั้งด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวกันกับการทดสอบก่อนเรียน

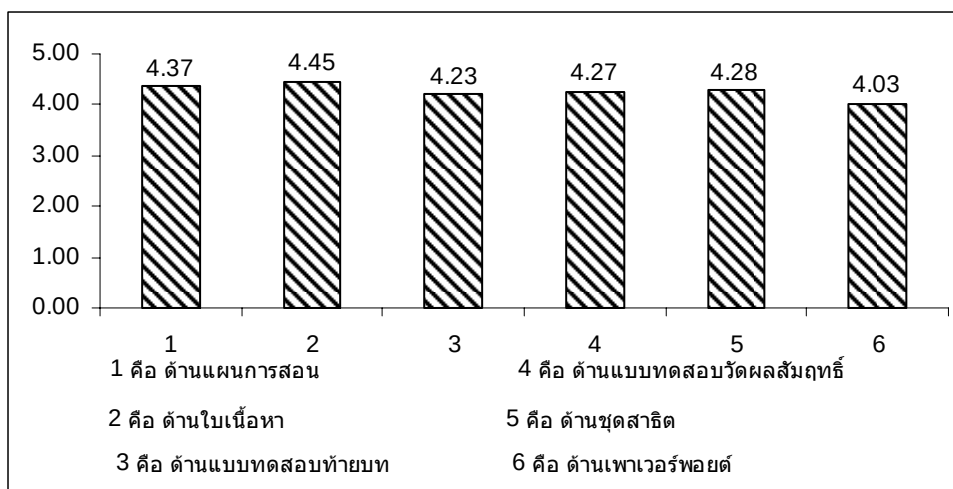
เมื่อเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างซึ่งประกอบด้วย คะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน คะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน และคะแนนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทุกบทเรียนเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอน ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดการสอน และวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่องต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.6.1 การวิเคราะห์ผลจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับความสอดคล้องของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบ ใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมาแปลงเป็นคะแนน ดังนี้ (มงคล, 2545: 60)

มีความเห็นว่า	สอดคล้อง	กำหนดคะแนนเป็น	1
มีความเห็นว่า	ไม่แน่ใจ	กำหนดคะแนนเป็น	0
มีความเห็นว่า	ไม่สอดคล้อง	กำหนดคะแนนเป็น	-1



ภาพที่ 3-10 ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นแต่ละด้านจากการประเมินชุดการสอนของผู้เชี่ยวชาญ

จากตารางที่ 3-1 และภาพที่ 3-10 ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่ามีความคิดเห็นต่อชุดการสอน ด้านใบเนื้อหามีค่าเฉลี่ยสูงสุด (4.45) รองลงมาคือด้านแผนการสอน (4.37) ด้านสื่อการสอนประเภทชุดสาธิต (4.28) ด้านแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (4.27) และด้านแบบทดสอบ (4.23) มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ส่วนด้านสื่อการสอนประเภทเพาเวอร์พอยต์มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (4.03) ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากเช่นกัน

3.4.3.2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดการสอน

จากตารางที่ 3-1 ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความคิดเห็นต่อชุดการสอน ด้านแผนการสอน ด้านใบเนื้อหา ด้านแบบทดสอบหลังเรียน ด้านแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านสื่อการสอน(ชุดสาธิตและนำเสนอด้วยเพาเวอร์พอยต์) มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับชุดการสอนซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ดังนี้

1. ด้านรูปภาพ ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะว่า ภาพบางภาพที่มีส่วนประกอบรวมกันอยู่ในภาพเดียว ควรแยกส่วนต่างๆ นั้นออกมาขยายขนาดให้ใหญ่ขึ้นซึ่งจะทำให้มองเห็นได้ชัดเจน คำอธิบายในแต่ละส่วนของภาพนั้นต้องชัดเจนและไม่มากจนเกินไป และต้องสอดคล้องกับเนื้อหาให้มากที่สุด

2. ด้านแบบทดสอบ ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะว่า คำถามควรจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และไม่ควรรี้นำคำถามที่ซ้ำๆ กัน

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความความคิดเห็น	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ
ด้านแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน				
1	ออกข้อสอบตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.60	0.89	มากที่สุด
2	จำนวนข้อสอบเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.40	0.54	มาก
3	คำถามและคำตอบมีเป้าหมายที่ชัดเจน	4.20	0.83	มาก
4	คำถามชัดเจนไม่คลุมเครือ	4.20	0.83	มาก
5	คำถามมีความยากง่ายเหมาะสม	4.00	0.70	มาก
6	คำถามมีตัวลวงเพียงพอ	4.20	0.44	มาก
ด้านสื่อการสอน (การนำชุดสาธิตมาใช้)				
1	มีขนาดเหมาะสมเห็นการสาธิตได้ชัดเจน	4.40	0.54	มาก
2	ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายและรวดเร็ว	4.20	0.83	มาก
3	การใช้งานสะดวกและปลอดภัย	4.20	0.83	มาก
4	วัสดุที่ใช้ผลิตอุปกรณ์มีอยู่ทั่วไปและหาซื้อง่าย	4.20	0.83	มาก
5	มีความเหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์การสอน	4.40	0.54	มาก
ด้านสื่อการสอน (นำเสนอด้วย Power Point)				
1	มีขนาดเหมาะสมกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์	4.20	0.83	มาก
2	ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายและรวดเร็ว	3.80	1.30	มาก
3	วงจรและตัวอักษรเหมาะสมกับมาตรฐาน	3.80	0.83	มาก
4	การเรียงลำดับของแต่ละวัตถุประสงค์มีความสัมพันธ์กัน	4.60	0.54	มากที่สุด
5	ภาพประกอบมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาอย่างเหมาะสม	4.20	0.83	มาก
6	สีที่ใช้มีความน่าสนใจและชัดเจน	3.60	1.14	มาก

3.4.3.1 ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน ดังนี้

ตารางที่ 3-1 ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน

ข้อที่	ข้อความความคิดเห็น	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ
ด้านแผนการสอน				
1	รูปแบบแผนการสอนศึกษาเข้าใจง่าย	4.60	0.54	มากที่สุด
2	การกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน	4.60	0.54	มากที่สุด
3	กำหนดกลยุทธ์ที่ใช้สอนไว้ชัดเจน	4.00	0.70	มาก
4	กำหนดรูปแบบการสอนไว้ชัดเจน	4.40	0.54	มาก
5	กำหนดรายละเอียดไว้ชัดเจน	4.40	0.54	มาก
6	นำไปปฏิบัติตามแผนการสอนได้	4.20	0.83	มาก
ด้านใบเนื้อหา				
1	เนื้อหาตรงตามวัตถุประสงค์ของรายวิชา	4.80	0.44	มากที่สุด
2	เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.80	0.44	มากที่สุด
3	การเรียงลำดับเนื้อหาเหมาะสม	4.80	0.44	มากที่สุด
4	ภาพประกอบมีความสัมพันธ์กับเนื้อหา	4.00	0.70	มาก
5	ภาพประกอบมีความชัดเจนเหมาะสม	4.00	0.70	มาก
6	เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับ	4.40	0.54	มาก
7	เนื้อหามีความถูกต้อง	4.40	0.54	มาก
8	การจัดรูปแบบของเนื้อหามีความเหมาะสม	4.40	0.54	มาก
ด้านแบบทดสอบ(หลังเรียน)				
1	ออกข้อสอบตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.40	0.89	มาก
2	จำนวนข้อสอบเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.20	0.44	มาก
3	คำถามและคำตอบมีเป้าหมายที่ชัดเจน	4.20	0.83	มาก
4	คำถามชัดเจนไม่คลุมเครือ	4.00	0.70	มาก
5	คำถามมีความยากง่ายเหมาะสม	4.40	0.54	มาก
6	คำถามมีตัวลวงเพียงพอ	4.20	0.44	มาก

จ. นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปหาคุณภาพ โดยการนำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ที่เรียนวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรมมาแล้ว ผู้วิจัยได้ทบทวนเนื้อหาบางส่วนให้นักศึกษาเข้าใจก่อนการทำแบบทดสอบ โดยใช้นักศึกษาจำนวน 40 คน วิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ โดยนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบกับนักศึกษากลุ่มทดลองใช้มาทำการวิเคราะห์ หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น โดยใช้โปรแกรม Simple Items Analysis (SIA) จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.25-0.73 มีค่าเฉลี่ย 0.40 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.27-0.91 มีค่าเฉลี่ย 0.45 และมีค่าความเชื่อมั่น 0.969 (ดังรายละเอียดใน ภาคผนวก ง. หน้า 124-130)

ฉ. เลือกแบบทดสอบที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในงานวิจัย โดยแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 – 0.80 ถือว่าเป็นแบบทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปถือว่าแบบทดสอบนั้นสามารถจำแนกคนเก่ง และคนอ่อนได้ (ล้วนและอังคณา, 2539: 168) โดยได้แบบทดสอบที่ผ่านการหาคุณภาพที่นำไปใช้กับแบบทดสอบท้ายบท และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 139 ข้อ

3.4.2 การสร้างแบบประเมินผลชุดการสอน แบบประเมินชุดการสอนที่สร้างขึ้นมี 2 แบบ ได้แก่

3.4.2.1 แบบสอบถามความเหมาะสมของชุดการสอน โดยใช้แบบประเมินความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า โดยกำหนดค่าคะแนนออกมา 5 ระดับ (บุศรี, 2544:75) (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 149-153) แบบประเมินผลที่สร้างขึ้นมี 2 ตอนคือ

ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบประเมิน

ตอนที่ 2 เป็นแบบประเมินผลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีผลต่อชุดการสอน และข้อเสนอแนะในการปรับปรุง ในด้านแผนการสอน ด้านใบเนื้อหา ด้านแบบทดสอบหลังเรียน ด้านแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ และด้านสื่อการสอน

3.4.2.2 แบบประเมินความสอดคล้อง ของแบบทดสอบ กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยนำแบบทดสอบที่ได้จัดเรียงตรงตามวัตถุประสงค์ในแต่ละข้อ มาเขียนลงในตารางวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบทดสอบ

3.4.3 ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยนำชุดการสอนที่สร้างขึ้นได้แก่ คู่มือครู สื่อการสอน แบบทดสอบ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ในด้านความเหมาะสมของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหาวิชา สื่อการเรียนการสอน แบบทดสอบ และความสอดคล้องของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม กับแบบทดสอบ แสดงผลดังนี้

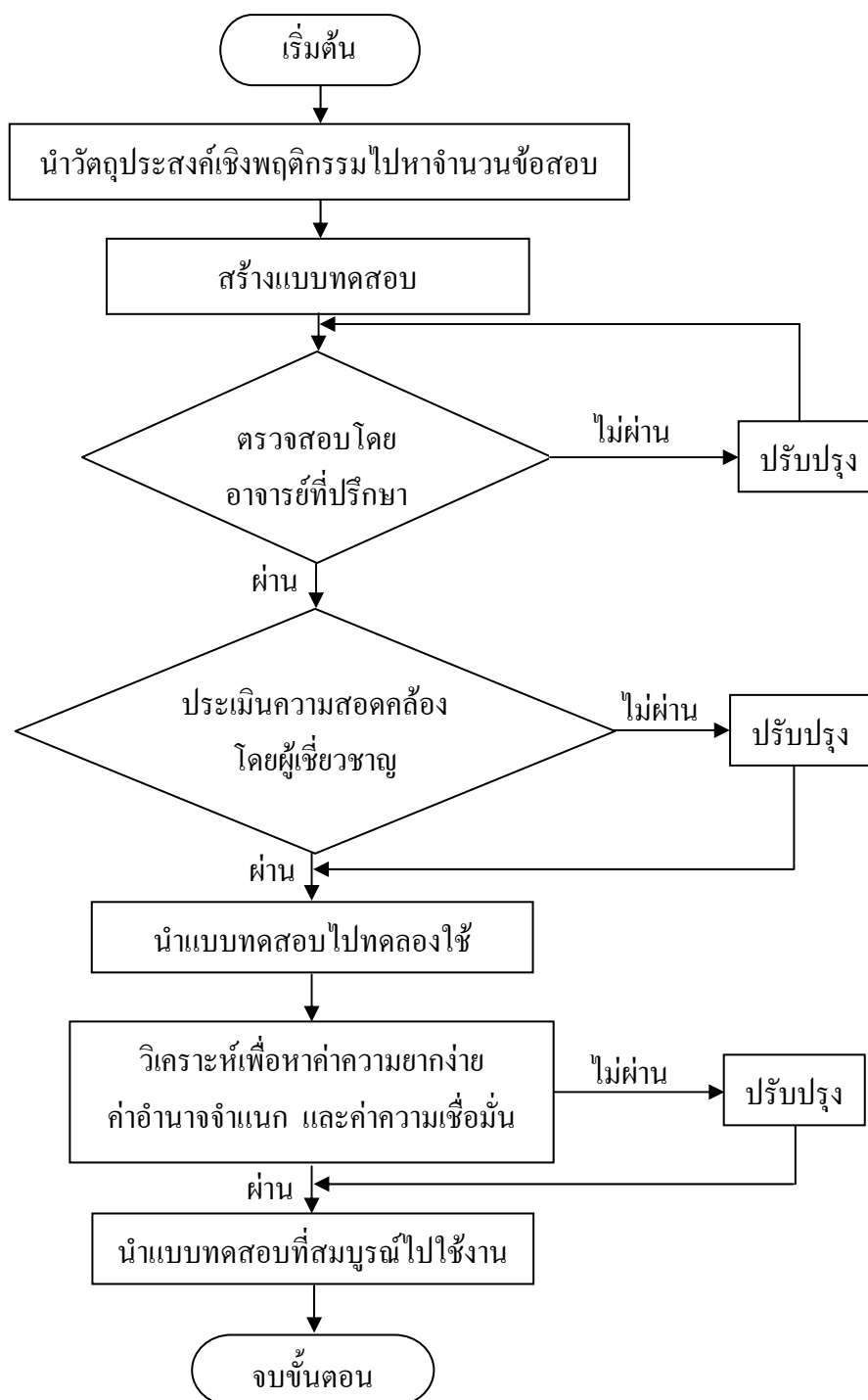
จากภาพที่ 3-9 สามารถอธิบายได้ดังนี้

ก. นำวัตถุประสงค์ที่ได้จากการวิเคราะห์เนื้อหา และการศึกษาจากหลักสูตรทั้งหมดมาลงในตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน (Objective Listing Sheet) เพื่อกำหนดระดับการเรียนรู้ ความสำคัญของแต่ละวัตถุประสงค์ (XIO) และระดับคะแนน (321) โดยพิจารณาจากความยากง่ายของเนื้อหาปริมาณเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ทำการรวบรวมน้ำหนักคะแนนในแต่ละวัตถุประสงค์ เป็นน้ำหนักคะแนนสำคัญ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 102-104) แล้วนำค่าน้ำหนักคะแนนที่ได้จากการประเมินความสำคัญตามระดับวัตถุประสงค์มาใส่ลงในตารางวิเคราะห์ออกข้อสอบ (Test - Blueprint) เพื่อกำหนดจำนวนแบบทดสอบในแต่ละวัตถุประสงค์ โดยการกำหนดจำนวนข้อสอบตามน้ำหนักคะแนนสำคัญ หรือ นำน้ำหนักคะแนนทุกหัวเรื่องรวมกัน แล้วกำหนดการออกข้อสอบตามจำนวนวัตถุประสงค์ ทำการหาค่าน้ำหนักคะแนนรายข้อ แล้วนำไปคำนวณจำนวนข้อสอบในแต่ละหัวเรื่อง เช่น รวมคะแนนสำคัญทุกหัวเรื่องได้ 87 คะแนน ต้องการออกข้อสอบทุกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมจำนวน 58 ข้อ โดยในหัวเรื่องที่ 1 มีน้ำหนักคะแนน 22 คะแนน ดังนั้นข้อสอบ 1 ข้อมีน้ำหนักคะแนนสำคัญคือ $87/58 = 1.5$ คะแนน แสดงว่าในหัวเรื่องที่ 1 ต้องออกข้อสอบทั้งหมด $22/1.5 = 15$ ข้อ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 101-102)

ข. สร้างแบบทดสอบเพื่อวัดความก้าวหน้าระหว่างเรียน และใช้สำหรับวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากตารางวิเคราะห์ข้อสอบ นำมาสร้างแบบทดสอบให้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้มาจากการวิเคราะห์ โดยได้แบบทดสอบมีจำนวน 60 ข้อ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 103-105) แต่ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบไว้จำนวน 180 ข้อ โดยเพิ่มจำนวนข้อสอบตรงวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่มีระดับสติปัญญาขั้นประยุกต์ความรู้ หรือ ส่งถ่ายความรู้ เพราะระดับวัตถุประสงค์ระดับประยุกต์ความรู้ เป็นการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ตั้งแต่ขั้นพื้นฐานความรู้ ไปยังขั้นประยุกต์ความรู้ และระดับวัตถุประสงค์ขั้นส่งถ่ายความรู้ เป็นการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ตั้งแต่ขั้นพื้นฐานความรู้ ขึ้นประยุกต์ความรู้ จนถึงขั้นส่งถ่ายความรู้ ดังนั้นเพื่อให้มีแบบทดสอบครอบคลุมทุกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อผ่านการหาคุณภาพ จึงต้องเพิ่มจำนวนข้อของแบบทดสอบในระดับวัตถุประสงค์ดังกล่าว

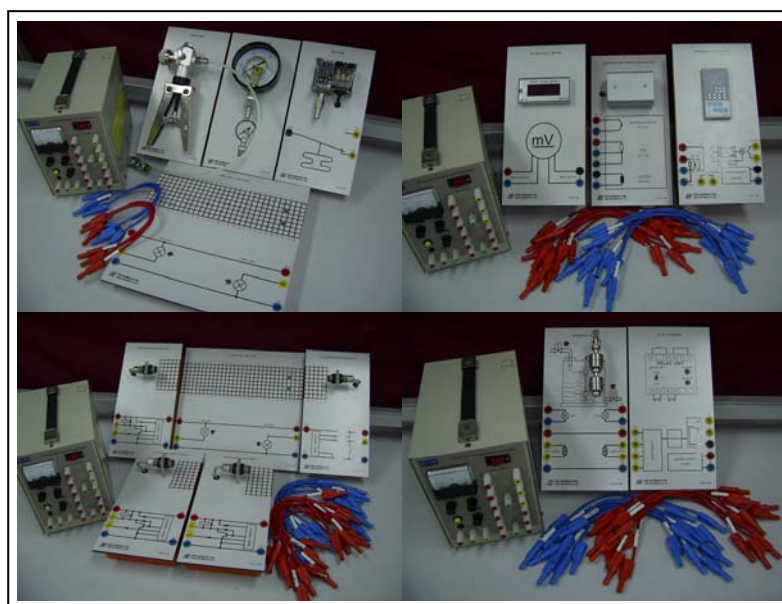
ค. นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ เพื่อปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

ง. ประเมินหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรมกับแบบทดสอบ โดยดัชนีความสอดคล้อง ที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีค่าอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.84 (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ง หน้า 117-123)



ภาพที่ 3-9 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ

- ชุดสาธิต เป็นการจำลองการทำงานจากภาคทฤษฎี มาใช้ประกอบการเรียนการสอน ซึ่งชุดสาธิตจะช่วยลดจินตนาการของผู้เรียนให้เข้าใจเนื้อหาในแต่ละเรื่องได้ดีขึ้น มีทั้งหมด 4 หัวเรื่อง ประกอบด้วยเรื่องที่ 1 จำนวน 1 ชุด ได้แก่เรื่อง เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ เรื่องที่ 2 จำนวน 1 ชุด ได้แก่เรื่อง เซนเซอร์ตรวจวัดความดัน เรื่องที่ 3 จำนวน 2 ชุด ได้แก่เรื่อง เซนเซอร์ตรวจตำแหน่ง และการเคลื่อนที่ และเรื่องที่ 4 จำนวน 1 ชุด ได้แก่เรื่อง เซนเซอร์ตรวจวัดการไหล และอัตราการไหล รวมทั้งหมด 5 ชุด ดังภาพที่ 3-8



ภาพที่ 3-8 ตัวอย่างชุดสาธิต

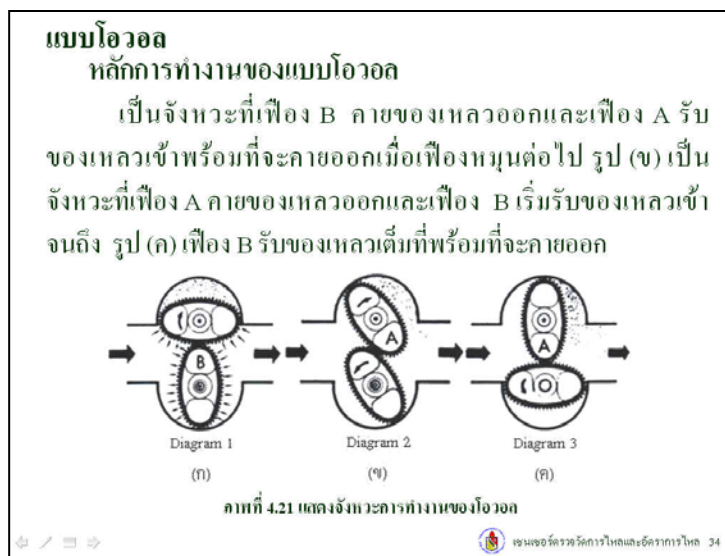
ง. ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

3.4.1.3 สร้างแบบทดสอบ

การสร้างแบบทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.4.1.3.1 แบบทดสอบท้ายบท สำหรับวัดความก้าวหน้าระหว่างเรียนแต่ละหัวเรื่องซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ผู้วิจัยได้สร้างเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือกรวมทุกหัวเรื่องมีทั้งหมด 58 ข้อ

3.4.1.3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนี้ผู้วิจัยได้สร้างเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีทั้งหมด 58 ข้อ เช่นเดียวกันโดยมีขั้นตอนในการสร้างดังภาพที่ 3-9

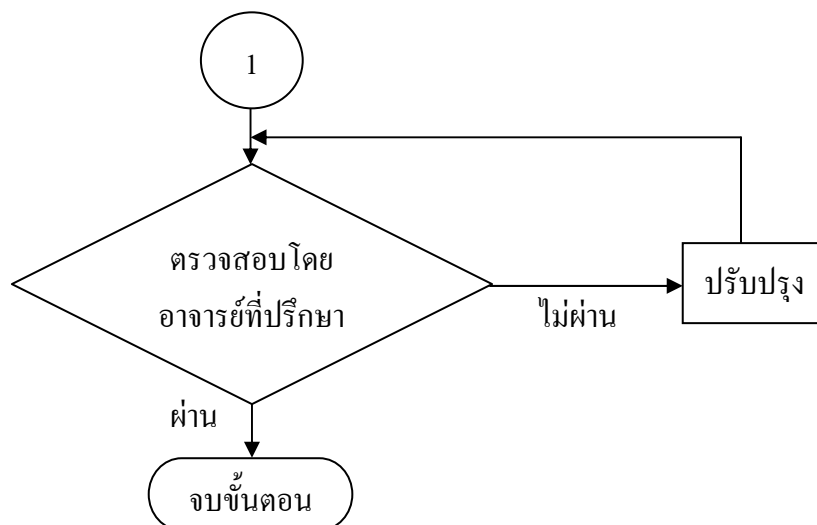


ภาพที่ 3-6 ตัวอย่างงานนำเสนอเพาเวอร์พอยต์

- ภาพเคลื่อนไหวสร้างจากโปรแกรม Macromedia Flash 5 และโปรแกรม Swish 2.0 ใช้ประกอบการสอนในบางหัวเรื่องที่เนื้อหาที่มีความซับซ้อน โดยแต่ละภาพมีความสอดคล้องกับเนื้อหาในหัวข้อนั้นๆ โดยเรื่องที่ 1 มีจำนวน 5 ภาพ เรื่องที่ 2 มีจำนวน 3 ภาพ เรื่องที่ 3 ไม่มี เรื่องที่ 4 มีจำนวน 2 ภาพ รวมทั้งหมด 10 ภาพ แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 3-7



ภาพที่ 3-7 ตัวอย่างภาพเคลื่อนไหว



ภาพที่ 3-5 (ต่อ)

จากภาพที่ 3-5 สามารถอธิบายได้ดังนี้

ก. วิเคราะห์สื่อการเรียนการสอน วิเคราะห์จากวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยการกำหนดสื่อให้หลากหลาย แล้วทำการเลือกสื่อให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในแต่ละข้อของบทเรียน พร้อมทั้งให้เหตุผลในการเลือกสื่ออื่นๆ โดยผู้วิจัยได้เลือกสื่อที่ใช้ประกอบการสอนทั้งหมด 4 สื่อ ได้แก่ เพาเวอร์พอยต์ ภาพเคลื่อนไหว กระดานดำ และชุดสาธิต (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก หน้า 106-114)

ข. ศึกษาเอกสาร และตำราที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารการทำเพาเวอร์พอยต์ โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์ การทำภาพเคลื่อนไหวโดยใช้โปรแกรม Macromedia Flash 5 และโปรแกรม Swish 2.0 และชุดสาธิต เพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้วิเคราะห์ไว้

ค. จัดทำสื่อการเรียนการสอน โดยสื่อการสอนที่จัดทำได้แก่

- ชุดนำเสนอด้วยเพาเวอร์พอยต์ เป็นซีดีสร้างจากโปรแกรมสำเร็จรูปของไมโครซอฟต์ เพาเวอร์พอยต์ใช้ประกอบการสอนทุกหัวเรื่องโดยการสร้างชุดนำเสนอในแต่ละเรื่องจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมทั้งหมดโดยประกอบด้วย 4 เรื่อง เรื่องที่ 1 มีจำนวน 37 สไลด์ เรื่องที่ 2 มีจำนวน 48 สไลด์ เรื่องที่ 3 มีจำนวน 42 สไลด์ เรื่องที่ 4 มีจำนวน 45 สไลด์ รวมทั้งหมด 172 สไลด์ แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 3-6

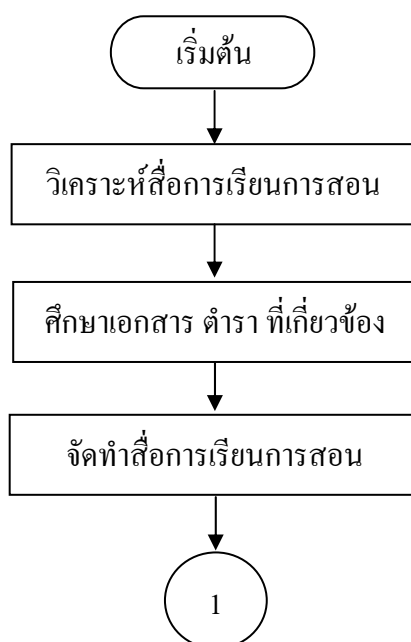
ฉ. ออกแบบ แบบร่างกระดาน โดยการจำลองเนื้อหาบนกระดานคำ ทั้งหมดที่ผู้สอนจะให้กับผู้เรียน

ช. จัดทำใบเนื้อหา ใบเนื้อหาเป็นเอกสารประกอบการสอน ซึ่งไว้สำหรับเพิ่มรายละเอียดที่ไม่สามารถเขียนบนกระดาน หรือแสดงเนื้อหาได้ทั้งหมด โดยการรวบรวมเอกสารต่างๆซึ่งสอดคล้องกับหัวข้อที่ต้องการให้ผู้เรียน เรียนรู้ ทั้งหมด 4 เรื่อง โดยเรื่องที่ 1 มีจำนวนใบเนื้อหา 33 หน้า เรื่องที่ 2 มีจำนวนใบเนื้อหา 29 หน้า เรื่องที่ 3 มีจำนวนใบเนื้อหา 27 หน้า เรื่องที่ 4 มีจำนวนใบเนื้อหา 31 หน้า รวมทั้งหมด 120 หน้า

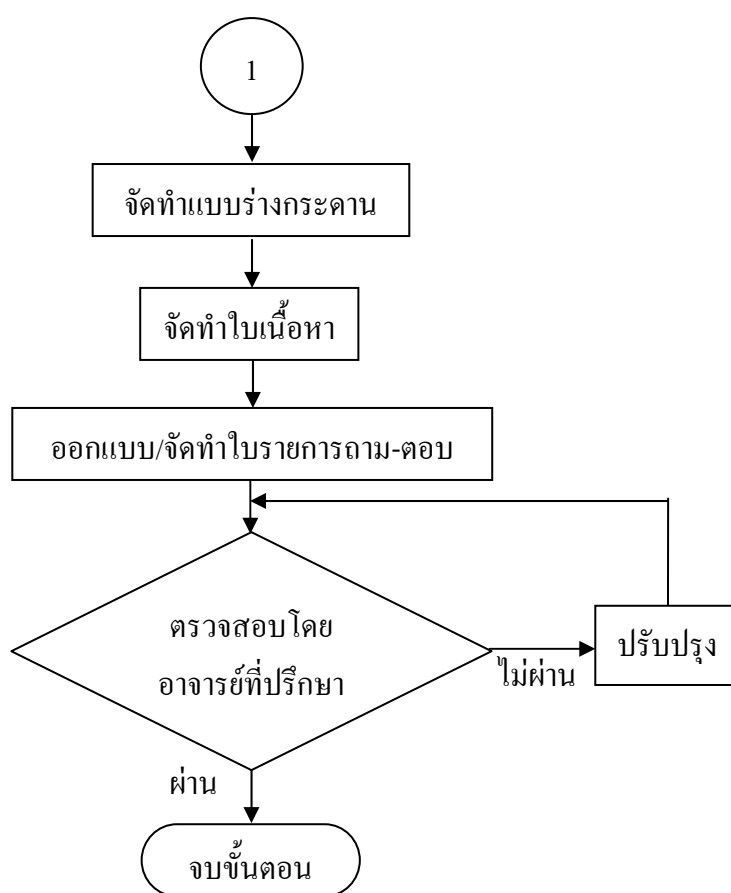
ซ. ออกแบบ จัดทำใบรายการถาม-ตอบ พร้อมแนวคำตอบ ใบรายการถามตอบ เป็นการแสดงแนวคำถามแนวคำตอบ เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สอนใช้ถามในการสอนแต่ละวัตถุประสงค์ โดยจัดตั้งคำถาม และคำตอบตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ณ. ตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษา และนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุง

3.4.1.2 สร้างสื่อการสอน การเลือก และสร้างสื่อการเรียนการสอนพิจารณาจาก วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยต้องสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา เพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้มากที่สุด ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 ขั้นตอนการสร้างสื่อการสอน



ภาพที่ 3-4 (ต่อ)

จากภาพที่ 3-4 สามารถอธิบายได้ดังนี้

- ก. ศึกษาเอกสารตำราที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษาการทำคู่มือครูจากตำรา และเอกสารต่างๆ จนเข้าใจ ก่อนที่เริ่มทำคู่มือครู
- ข. รายการวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ผู้วิจัยได้นำวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้จากการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา มาใส่ไว้หน้าแรกของทุกบทเรียนเพื่อให้ครูผู้สอนทราบถึงจุดมุ่งหมายที่จะทำให้ผู้เรียนสัมฤทธิ์ผล
- ค. วิเคราะห์ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในแต่ละบทเรียน เป็นการกำหนดความรู้เดิมที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมีความรู้มาก่อนที่จะเรียนในบทเรียนนี้ต่อไป
- ง. ออกแบบการนำเข้าสู่บทเรียน โดยคิดออกแบบการสร้างปัญหาในแต่ละบทเรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจต่อการเรียน
- จ. กำหนดขั้นตอนการสอนในตารางปฏิบัติการ เป็นการกำหนดเวลาให้สอดคล้องกับเนื้อหา และการสอนในแต่ละขั้นตอน(MIAP)ว่าจะใช้เวลากี่นาที เพื่อเป็นเกณฑ์ในการควบคุมเวลา โดยจะกำหนดเวลาหรือลักษณะกิจกรรมตามช่องที่กำหนด

จากภาพที่ 3-3 สามารถอธิบายได้ดังนี้

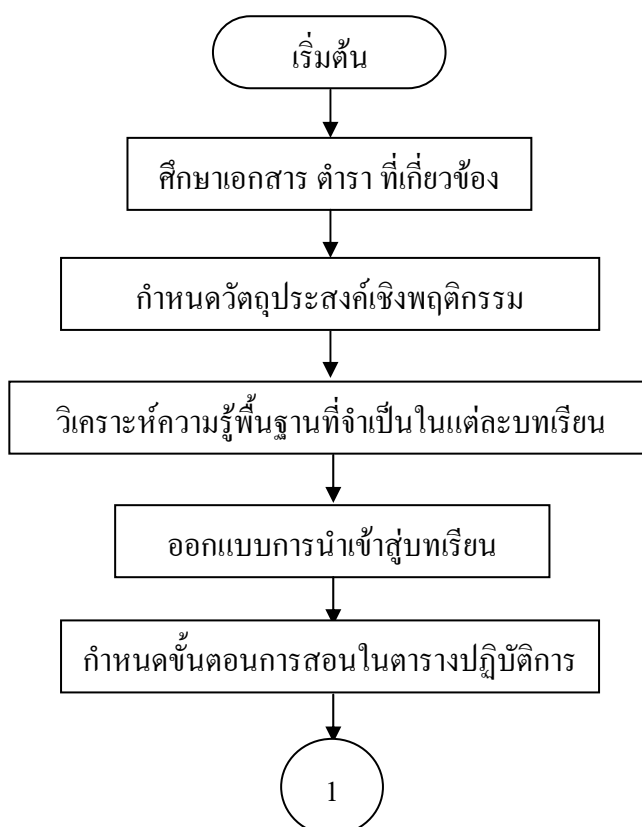
3.4.1 ออกแบบชุดการสอน

ผู้วิจัยได้นำวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้จากการวิเคราะห์หลักสูตรในหัวข้อที่ 3.3 มาใช้อ้างอิงในการทำชุดการสอนที่สร้างขึ้นประกอบด้วย คู่มือครู สื่อการสอน แบบทดสอบ มีรายละเอียดดังนี้

3.4.1.1 สร้างคู่มือครู ประกอบด้วย

- ก. รายการวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- ข. การนำเข้าสู่บทเรียน
- ค. ขั้นตอนปฏิบัติการหรือตารางปฏิบัติการ
- ง. แบบร่างกระดานดำ
- จ. ใบเนื้อหา
- ฉ. ใบรายการถาม-ตอบ พร้อมแนวคำตอบ

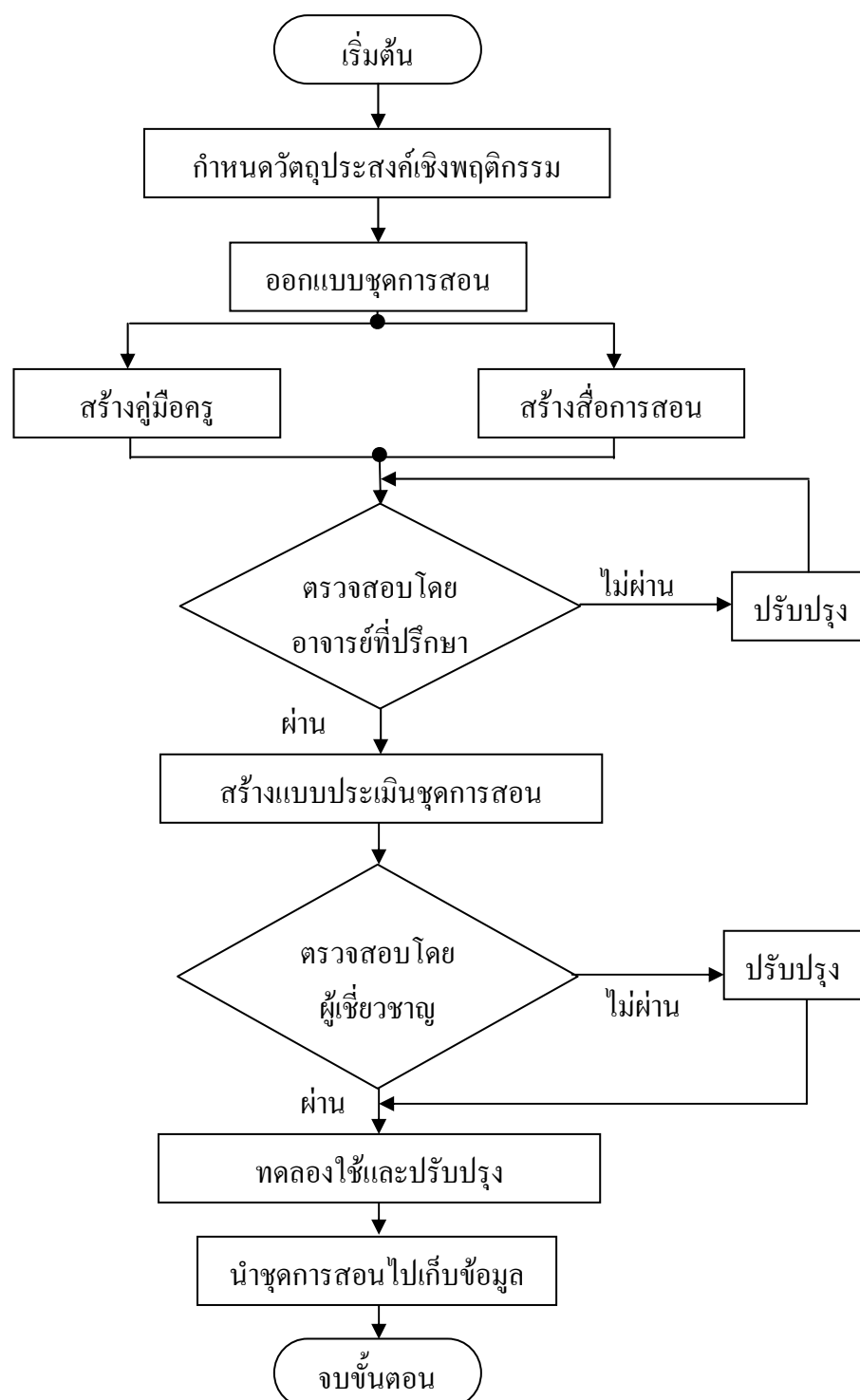
โดยมีขั้นตอนการจัดทำดังต่อไปนี้



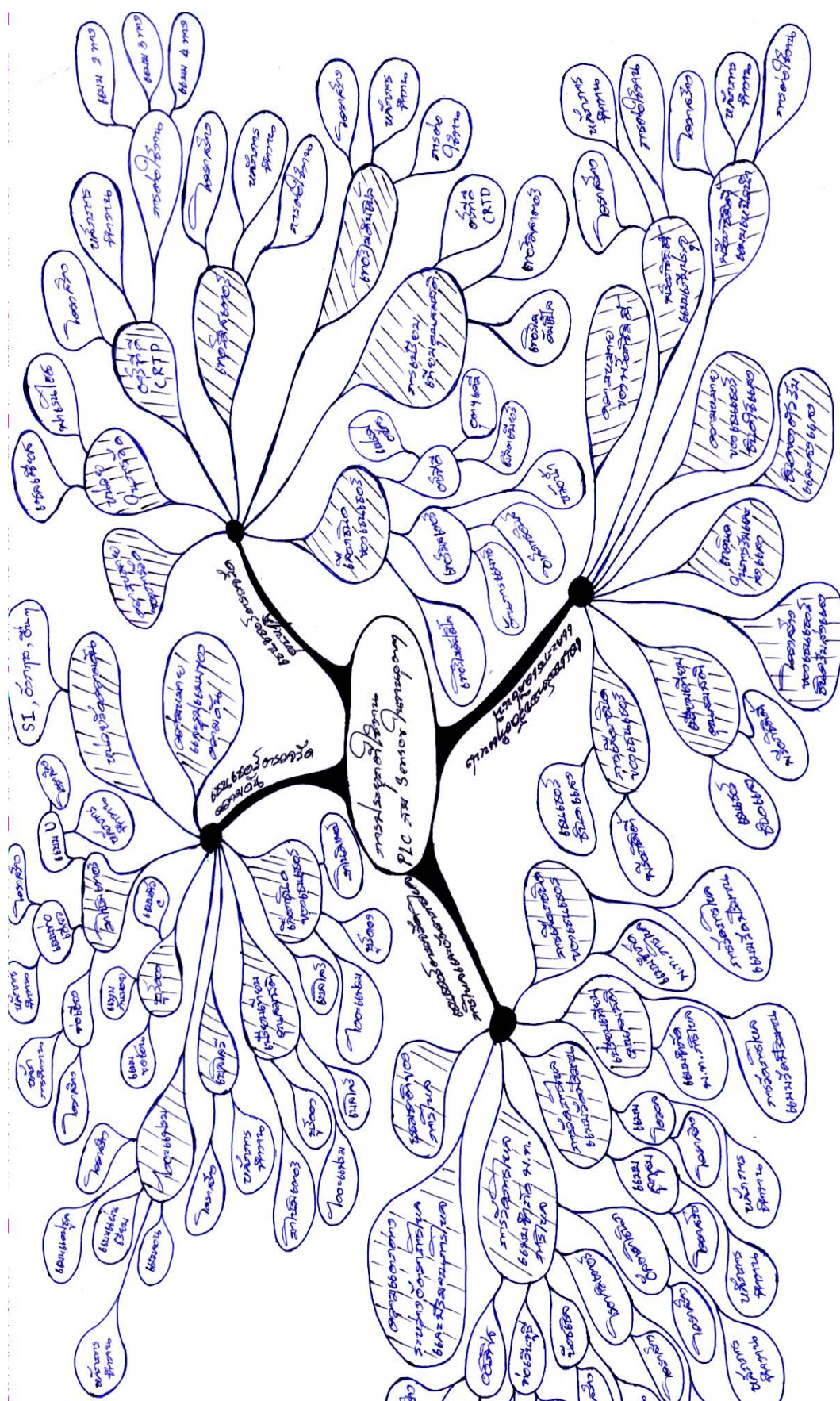
ภาพที่ 3-4 ขั้นตอนการสร้างคู่มือครู

3.4 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการประเมินผล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ที่ผู้วิจัยดำเนินการสร้างขึ้นคือ ชุดการสอน ประกอบด้วย คู่มือครู สื่อการสอน โดยมีลำดับขั้นตอนการสร้างดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือในการวิจัย



ภาพที่ 3-2 แผนผังการวิเคราะห์หาเรื่อง เช่นเซอร์ วิจารณ์ระบบควบคุมเงินงานอุตสาหกรรม

โครงสร้าง หลักการทำงาน การเลือกชนิดของอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับงาน และตัวอย่างในการประยุกต์ใช้งาน รายละเอียดของเนื้อหาในทุกหัวข้อเรื่องเป็นการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในการเรียน โดยหัวข้อเรื่องทั้งหมดมีความสำคัญมาก (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 79-82)

3.3.6 กำหนดความรู้ที่ต้องการของหัวข้อเรื่องและประเมินความสำคัญ ผู้วิจัยได้กำหนดความรู้ที่ต้องการ ในแต่ละหัวข้อเรื่อง โดยพิจารณาจากรายละเอียดเนื้อหาของหัวข้อเรื่องที่ได้จากหัวข้อ 3.3.5 และประเมินความสำคัญของความรู้ ได้แก่ การฟื้นคืนความรู้ (R) การประยุกต์ความรู้ (A) และการส่งถ่ายความรู้ (T) โดยกำหนดความสำคัญของหัวเรื่องเป็น XIO โดย X แทนความสำคัญมาก I แทนความสำคัญ O แทนความไม่สำคัญ ผลการประเมินความสำคัญของความรู้ที่ต้องการให้ผู้เรียนเรียนรู้ ปรากฏว่าความรู้ที่อยู่ในระดับ การฟื้นคืนความรู้ 20 หัวข้อ มีความสำคัญ 20 หัวข้อ การประยุกต์ความรู้ 38 หัวข้อ มีความสำคัญมาก 38 หัวข้อ และการส่งถ่ายความรู้ 5 หัวข้อ มีความสำคัญมาก 5 หัวข้อ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 83-92)

3.3.7 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อได้ความรู้ที่ต้องการให้ผู้เรียนเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อเรื่องแล้ว นำมากำหนดเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้คำกริยาที่บ่งบอกถึงลักษณะพฤติกรรมที่สามารถวัดพฤติกรรมนั้นได้ เช่น บอก อธิบาย เขียน คำนวณ แล้วทำการประเมินความสำคัญ XIO ตามระดับความรู้ 3 ระดับ คือ ฟื้นคืนความรู้ (R) การประยุกต์ความรู้ (A) และการส่งถ่ายความรู้ (T) ได้จำนวนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมทั้งหมด 38 ข้อ โดยอยู่ในระดับฟื้นคืนความรู้ 15 หัวข้อ การประยุกต์ความรู้ 19 หัวข้อ และการส่งถ่ายความรู้ 4 หัวข้อ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 93-96)

3.3.8 ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยการนำผลการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา ที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของหน่วยเรียน หัวข้อย่อย และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และได้นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุง

3.3.9 นำหลักสูตรรายวิชาที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้ว ไปสร้างเป็นชุดการสอน

จากภาพที่ 3-1 สามารถอธิบายได้ดังนี้

3.3.1. ศึกษารายละเอียดหลักสูตรรายวิชา วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากการศึกษารายละเอียดของหลักสูตรพบว่ามีการอธิบายวิชาที่เขียนไว้กว้าง ซึ่งทำให้ได้รายละเอียดของหลักสูตรเกี่ยวกับหัวข้อเรื่องและเรื่องย่อยมีรายละเอียดไม่เพียงพอ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก หน้า 74)

3.3.2 วิเคราะห์เนื้อหา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เนื้อหาในรูปแบบของแผนผังความคิด (Concept map) โดยทำการวิเคราะห์เนื้อหาในเรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม ทุกรายวิชาในหลักสูตร ที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกัน แสดงดังภาพที่ 3-2 จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการแบ่งหัวข้อเรื่อง ที่ได้จากการวิเคราะห์เนื้อหา โดยได้แบ่งออกเป็น 4 เรื่อง ได้แก่

เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

เรื่องที่ 2 เซนเซอร์ตรวจวัดความดัน

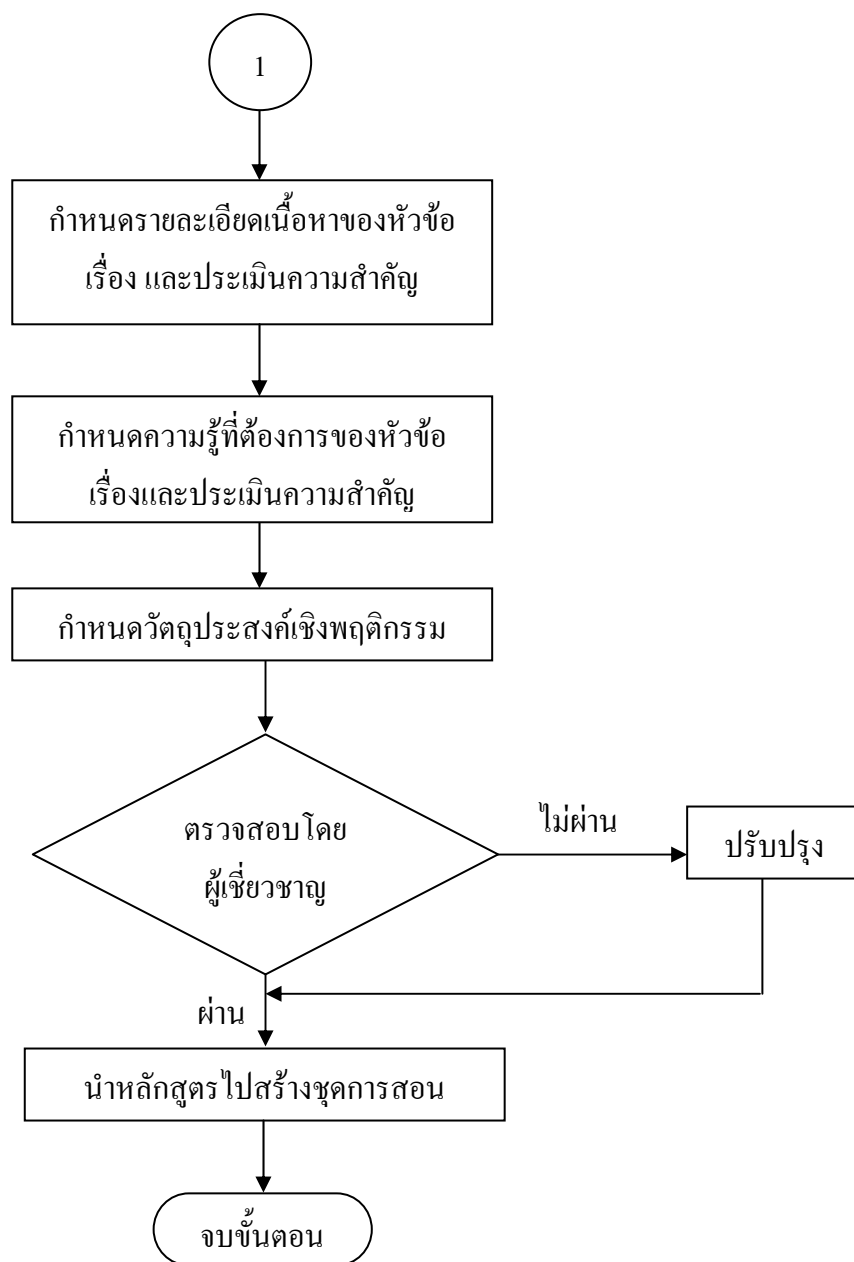
เรื่องที่ 3 เซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่

เรื่องที่ 4 เซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหล

3.3.3 กำหนดแหล่งข้อมูลของหัวข้อเรื่อง เมื่อได้หัวข้อเรื่องตามหัวข้อ 3.3.2 แล้วผู้วิจัยได้กำหนดแหล่งข้อมูลในแต่ละหัวข้อเรื่องเพื่อการค้นคว้ากำหนดรายละเอียดของเนื้อหาในแต่ละหัวข้อเรื่อง ผลการกำหนดแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการค้นคว้า โดยในทุกหัวข้อเรื่องสามารถศึกษาค้นคว้าได้จากหลักสูตร หนังสือ ตำรา คู่มือ ผู้เชี่ยวชาญ และจากประสบการณ์ผู้สอน (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 77)

3.3.4 ประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่อง ผู้วิจัยทำการประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่อง ได้แก่การส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในการเรียนโดยกำหนดเป็นระดับ 1 การส่งเสริมทักษะการทำงานได้ถูกต้องโดยกำหนดเป็นระดับ 2 การส่งเสริมผู้เรียนให้มีเจตคติที่ดีโดยกำหนดเป็นระดับ 3 โดยกำหนดความสำคัญของหัวข้อเรื่องเป็น XIO โดย X แทนความสำคัญมาก I แทนความสำคัญปานกลาง O แทนความสำคัญน้อย ลงในตารางประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่อง ผลการประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่อง ปรากฏว่าในทุกหัวข้อเรื่องเป็นการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในการเรียน เพราะเป็นวิชาทฤษฎี โดยหัวข้อเรื่องทั้งหมดมีความสำคัญมาก (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 78)

3.3.5 กำหนดรายละเอียดเนื้อหาของหัวข้อเรื่อง และประเมินความสำคัญ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า จากแหล่งข้อมูลตามหัวข้อที่ 3.3.3 เพื่อกำหนดรายละเอียดของเนื้อหาในแต่ละหัวข้อเรื่อง แล้วทำการประเมินความสำคัญรายละเอียดของเนื้อหา เหมือนกับหัวข้อ 3.3.4 ซึ่งผลปรากฏว่ารายละเอียดของเนื้อหาในทุกหัวข้อเรื่องจะมีเนื้อหาเกี่ยวกับ ความหมายของหัวข้อเรื่องนั้นๆ

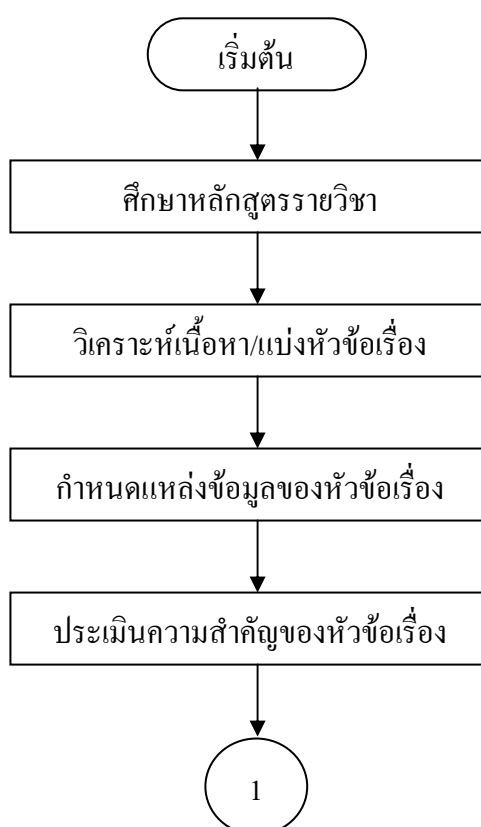


ภาพที่ 3-1 (ต่อ)

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ขส.ทบ. จำนวน 40 คน ผู้วิจัยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

3.3 การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

ผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา เพื่อให้ได้หน่วยเรียน หัวเรื่อง และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยพิจารณาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร เป็นหลักการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชาแสดงดังภาพที่ 3-1 มีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อสร้างชุดการสอนเรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุม ในงานอุตสาหกรรม ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาโดยผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

- 3.1 แบบแผนการวิจัย
- 3.2 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.3 การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา
- 3.4 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการประเมินผล
- 3.5 การดำเนินการทดลอง
- 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อน และหลังบทเรียน ซึ่งมีลักษณะแบบแผนการทดลองดังนี้ (ล้วนและอังคณา , 2538:249)

	T_1		X		T_2
เมื่อ	T_1	แทน	การทดสอบก่อนที่จะจัดกระทำการทดลอง (Pretest)		
	X	แทน	การจัดกระทำ (สอนโดยใช้ชุดการสอน) (Treatment)		
	T_2	แทน	การทดสอบหลังจากที่จัดกระทำการทดลอง (Posttest)		

3.2 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักศึกษาที่เรียนวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

บทที่ 4

ผลของการวิจัย

ผลของการวิจัย การสร้างชุดการสอนเรื่อง เซนเซอร์ วิชาการระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา โดยเสนอผลการวิจัยออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

4.1 ผลของชุดการสอนที่สร้างขึ้น

4.2 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 4 ส่วนดังนี้

4.3.1 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบท้ายบท

4.3.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดการสอน

4.3.3 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน

4.3.4 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของนักศึกษา

4.1 ผลของชุดการสอนที่สร้างขึ้น

ชุดการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วย

4.1.1 คู่มือครู ประกอบด้วย วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม พื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ตารางปฏิบัติการ ใบเนื้อหา แบบร่างกระดาน และในรายการถาม - ตอบ

4.1.2 สื่อการสอน ได้แก่ โปรแกรมนำเสนอเพาเวอร์พอยต์ร่วมกับภาพเคลื่อนไหว และชุด-สถิติ

4.1.3 แบบทดสอบท้ายบท และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์พร้อมเฉลย

ชุดการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 ชุดการสอน เรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

สรุปรายละเอียดของชุดการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 รายละเอียดของชุดการสอน

เรื่องที่	วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม จำนวน (ข้อ)	ใบเนื้อหา จำนวน (หน้า)	ภาพนิ่ง จำนวน (สไลด์)	ภาพเคลื่อนไหว จำนวน (สไลด์)	ชุดสาริต จำนวน (ชุด)	แบบทดสอบท้าย บท จำนวน (ข้อ)	แบบ ทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์ จำนวน (ข้อ)
1	10	33	37	5	1	13	13
2	8	30	48	3	1	13	13
3	12	27	42	-	2	18	18
4	8	32	45	2	1	14	14
รวม	38	122	172	10	5	58	58

จากตารางที่ 4-1 ชุดการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วย 4 เรื่อง มีจำนวนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 38 ข้อ ใบเนื้อหาจำนวน 122 หน้า ภาพนิ่งจำนวน 172 สไลด์ ภาพเคลื่อนไหวจำนวน 10 สไลด์ ชุดสาริตจำนวน 5 ชุด แบบทดสอบท้ายบทจำนวน 58 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จำนวน 58 ข้อ

4.2 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 4-2 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน

	จำนวน	ร้อยละ
อายุ (18-20) ปี	37	92.5
(21-25) ปี	3	7.5
เพศชาย	40	100.0
จบจากสถานศึกษา		
ช่างกล ขส.ทบ.	37	92.5
ช่างฝีมือทหาร	2	5.0
สารพัดช่างนครหลวง	1	2.5
สาขาที่จบ		
ไฟฟ้ากำลัง	40	100.0
เกรดเฉลี่ย		
ระหว่าง 2.00-3.00	21	52.5
ระหว่าง 3.01-4.00	19	47.5

จากตารางที่ 4-2 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีอายุระหว่าง 18-20 ปี มีจำนวนมากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มที่มีอายุระหว่าง 20 -25 ปี กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายทั้งหมด กลุ่มตัวอย่างที่จบจากช่างกล ขส.ทบ. มีจำนวนมากที่สุด รองลงมาคือช่างฝีมือทหาร และสารพัดช่างนครหลวง ตามลำดับ กลุ่มตัวอย่างจบสาขาช่างไฟฟ้ากำลังทั้งหมด และกลุ่มตัวอย่างที่มีเกรดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.00-3.00 มีจำนวนมากที่สุด รองลงมาคือ กลุ่มตัวอย่างที่มีเกรดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.01-4.00

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.3.1 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบท้ายบท

การวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบท้ายบท เพื่อศึกษาความก้าวหน้าระหว่างเรียน หลังจากเรียนจบในบทเรียนนั้นๆ โดยการนำคะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายบท มาหาค่าคะแนนเฉลี่ย แล้วคิดเป็นค่าร้อยละ ซึ่งผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบท้ายบท

บทที่	จำนวน ผู้เรียน	คะแนนเต็ม	ผลรวมของ คะแนน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
บทที่ 1	40	13	465	11.63	89.42
บทที่ 2	40	13	421	10.53	80.96
บทที่ 3	40	18	577	14.43	80.14
บทที่ 4	40	14	466	11.65	83.21
รวม	40	58	1929	48.23	83.15

จากตารางที่ 4-3 ค่าคะแนนที่มีค่าสูงสุดคือแบบทดสอบท้ายบทที่ 1 โดยคิดเป็นร้อยละ 89.42 รองลงมาได้แก่แบบทดสอบท้ายบทที่ 4 โดยคิดเป็นร้อยละ 83.21 และต่ำสุดได้แก่แบบทดสอบท้ายบทที่ 3 โดยคิดเป็นร้อยละ 80.14 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยรวมทุกแบบทดสอบท้ายบท คิดเป็นร้อยละ 83.15 (รายละเอียดในภาคผนวก จ 132-133)

4.3.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอน

จากการดำเนินการทดลองโดยใช้ชุดการสอน เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายบทระหว่างเรียนทุกหัวเรื่องรวมกัน โดยคิดเป็นร้อยละ 80 และได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครบทุกหัวเรื่องโดยคิดเป็นร้อยละ 80 ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดการสอน

รายการ	N	$\bar{X}$	ร้อยละ
คะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายบท	40	48.23	83.15
คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	40	47.73	82.28

จากตารางที่ 4-4 กลุ่มตัวอย่าง ทำข้อสอบในแบบทดสอบท้ายบทได้ถูกต้องเฉลี่ย ร้อยละ 83.15 และทำข้อสอบในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 82.28 (รายละเอียดในภาคผนวก จ 134)

4.3.3 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูลจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนๆ แรกจะเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบ

ก่อนและหลังเรียน และส่วนที่สองจะเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนทดสอบก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มที่มีเกรดเฉลี่ยสูง และต่ำ

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทดสอบก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มปรากฏผลตาม ตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน

กลุ่มนักศึกษา	N	คะแนนทดสอบ		ผลต่างคะแนนทดสอบ	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อน และหลังเรียน	
		$\bar{X}_1$ (SD)	$\bar{X}_2$ (SD)	$\Delta \bar{X}$ (SD)	t
ที่มีเกรดเฉลี่ยสูง	19	20.84 (4.127)	48.58 (1.835)	+27.74 (4.495)	0.780
ที่มีเกรดเฉลี่ยต่ำ	21	20.38 (3.918)	46.95 (2.559)	+26.57 (4.915)	

+ มีค่าเพิ่มขึ้นหลังการทดสอบ

ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่ามีความแตกต่างกันโดยที่กลุ่มนักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยสูงมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 20.84 ค่า เบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.127 สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของกลุ่มนักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยต่ำ 20.38 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.918 อย่างไม่มีนัยสำคัญ รวมทั้งมีความแตกต่างกันของคะแนนทดสอบหลังเรียน คือ กลุ่มนักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยสูง มีค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 48.58 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.835 สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของกลุ่มนักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยต่ำ คือ 46.95 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.559 อย่างไม่มีนัยสำคัญ

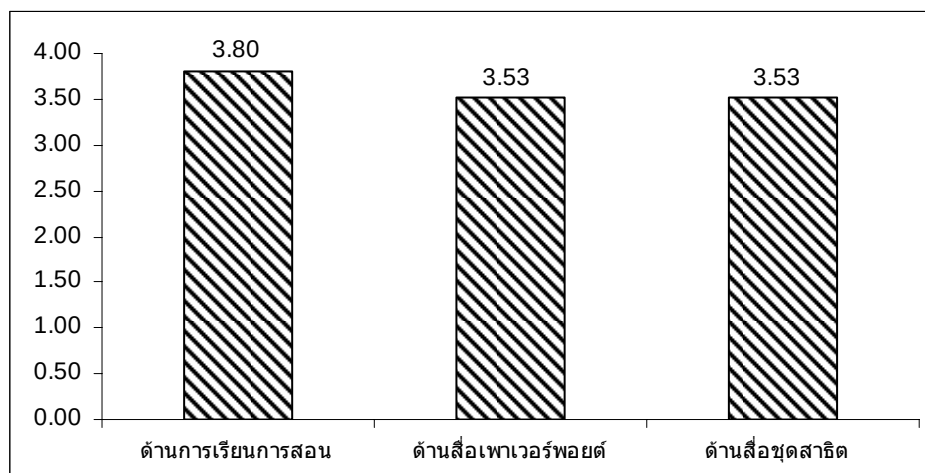
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลต่างคะแนนทดสอบก่อนและหลังเรียนระหว่างกลุ่มนักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยสูงและต่ำ ปรากฏว่าที่กลุ่มนักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยสูงมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 27.74 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.495 ในขณะที่กลุ่มนักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยต่ำมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 26.57 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.915 เช่นเดียวกัน ผลต่างของคะแนนทดสอบก่อนและหลังเรียนของทั้งสองกลุ่มที่มีเกรดเฉลี่ยสูงและต่ำมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (รายละเอียดในภาคผนวก จ หน้า 136-141)

4.3.4 ผลประเมินความคิดเห็นของนักศึกษา

การวิเคราะห์การแสดงความคิดเห็นของนักศึกษา โดยให้นักศึกษาที่ผ่านกระบวนการเรียนการสอนโดยชุดการสอน ตอบแบบสอบถามความคิดเห็นในด้านการเรียนการสอน ด้านสื่อการสอน ได้แก่ งานนำเสนอเพาเวอร์พอยต์ และชุดสาธิต เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดการสอน ปรากฏผลดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ผลประเมินความคิดเห็นของนักศึกษา

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ
ด้านการเรียนการสอน				
1	ปริมาณเนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอนมีไม่มากหรือน้อยเกินไป	4.22	0.65	มาก
2	การจัดลำดับเนื้อหามีความต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน	4.32	0.69	มาก
3	เนื้อหาที่ใช้สอนมีความน่าสนใจ	3.10	0.81	ปานกลาง
4	ใบเนื้อหาที่ได้รับอ่านเข้าใจง่ายไม่สับสน โดยขนาดตัวอักษรเหมาะสม และมีภาพชัดเจน	3.25	0.83	ปานกลาง
5	เวลาที่ใช้สอนมีระยะเวลาที่เหมาะสม	4.15	0.73	มาก
6	แบบทดสอบท้ายบท และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มีความยากง่ายเหมาะสม	4.27	0.71	มาก
7	หลังจากจบบทเรียนท่านได้รับความรู้เพิ่มขึ้นจากเดิม	4.30	0.64	มาก
8.	หลังจากจบบทเรียนท่านสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้กับรายวิชาอื่นๆ ได้	2.77	0.69	ปานกลาง
ด้านสื่อการเรียนการสอน (Power point)				
1	ส่งเสริมให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่าย และรวดเร็ว	4.12	0.72	มาก
2	การเรียงลำดับของกรอบมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาที่ได้รับ	4.15	0.73	มาก
3	ภาพมีความสัมพันธ์กับการบรรยาย	4.02	0.86	มาก
4	ภาพวงจร และสีสรรมองเห็นได้ชัดเจน	2.70	0.68	ปานกลาง
5	สีสรรของตัวอักษรมีความเด่นชัดเหมาะสมน่าสนใจ	2.67	0.82	ปานกลาง
ด้านสื่อการสอน (ชุดสาธิต)				
1	สัญลักษณ์ของชุดการสอนมองเห็นได้ชัดเจน	3.97	0.76	มาก
2	มองเห็นการสาธิตในระหว่างเรียนได้ชัดเจน	2.87	0.88	ปานกลาง
3	ชุดสาธิตส่งเสริมให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายและรวดเร็ว	4.25	0.70	มาก
4	การใช้งานสะดวก และมีความปลอดภัย	3.85	0.73	มาก
5	มีกิจกรรมร่วมในการสาธิต	2.70	0.85	ปานกลาง



ภาพที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความคิดเห็นของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดการสอน

จากตารางที่ 4-6 จะเห็นว่านักศึกษามีความคิดเห็นต่อชุดการสอนเรื่อง เซนเซอร์ วิชาการระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

ด้านการเรียนการสอน ปรากฏว่าการจัดลำดับเนื้อหามีความต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (4.32) รองลงมาคือหลังจากจบบทเรียนนักศึกษาได้รับความรู้เพิ่มขึ้นจากเดิม (4.30) แบบทดสอบท้ายบท และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มีความยากง่ายเหมาะสม (4.27) และหลังจากจบบทเรียนท่านสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้กับรายวิชาอื่นๆ ได้ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (2.77) ในภาพรวมของด้านการเรียนการสอนมีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก

ด้านสื่อการสอน (เพาเวอร์พอยต์ และชุดสาธิต) ปรากฏว่าชุดสาธิตส่งเสริมให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายและรวดเร็วมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (4.25) การเรียงลำดับของกรอบมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาที่ได้รับ (4.15) สัญลักษณ์ของชุดการสอนมองเห็นได้ชัดเจน (3.97) และสีสรรของตัวอักษรมีความเด่นชัดเหมาะสมน่าสนใจ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (2.67) ในภาพรวมของด้านสื่อการสอนมีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก

และจากภาพที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความคิดเห็นของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดการสอนในด้านการเรียนการสอนมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด (3.80) รองลงมาคือ ด้านสื่อการเรียนการสอน (Power point) (3.53) และด้านสื่อการสอน (ชุดสาธิต) (3.53) เช่นกัน ซึ่งทั้งสามด้านมีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อนำคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของทั้งสองกลุ่มมาพิจารณา ผลต่างคะแนนโดยใช้การทดสอบแบบที (t-test) ปรากฏว่าไม่แตกต่างกัน โดยที่ทั้งสองกลุ่มมีผลต่างคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเหมือนกัน นั่นแสดงว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นนี้ส่งผลดีต่อทั้งสองกลุ่ม

5.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัยในครั้งนี้

ในการใช้ชุดการสอน ผู้สอนต้องทำความเข้าใจในเนื้อหา และวิธีการใช้สื่อการสอนเป็นอย่างดี โดยต้องศึกษาจาก คู่มือครูให้เข้าใจและปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ ตามแผนการสอนที่ได้จัดเตรียมไว้ และการใช้สื่อการสอนที่เป็นเพาเวอร์พอยต์ ผู้สอนควรศึกษาวิธีการใช้ และเข้าใจในเนื้อหา เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในการปฏิบัติงาน และเพื่อความสะดวกในการสอนต้องมีการจัดเตรียมความพร้อมก่อนทำการสอน เช่น เครื่องฉายโปรเจกเตอร์ และคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

5.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.4.1 ในวิทยาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม ในคำอธิบายรายวิชายังมีเนื้อหาในส่วน ของโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ซึ่งผู้วิจัยเองยังไม่ได้ทำให้ครอบคลุมทั้งหมดควรมีผู้ที่ ศึกษา และจัดทำเพิ่มขึ้น เพื่อให้เนื้อหาครบถ้วนตามหลักสูตร

5.4.2 ควรมีการนำชุดการสอนที่สร้างขึ้นไปทดลองกับสถาบันการศึกษาอื่น ๆ ที่ใช้หลักสูตร เดียวกันเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนในภาพรวมให้ชัดเจนขึ้น

5.4.3 ในการวิจัยครั้งต่อไป เพื่อให้มั่นใจว่าผลการวิจัยในการใช้เครื่องมืออื่นๆ มีผลต่อกลุ่ม ตัวอย่างจริงหรือไม่ ควรมีกุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งทดลองใช้เครื่องมือในการทดสอบและอีก กลุ่มหนึ่งไม่ได้ใช้เครื่องมือในการทดสอบ แล้วนำผลทั้ง 2 กลุ่มมาเปรียบเทียบกันจะทำให้ทราบ และมั่นใจได้ว่า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนั้นก่อให้เกิดประสิทธิผลและมีประสิทธิภาพต่อกลุ่ม ตัวอย่างมากน้อยเพียงไร

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มนักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยสูงและต่ำทั้ง 40 คน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยคะแนนเฉลี่ยทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นไปพอๆ กัน

สรุปได้ว่า ชุดการสอนเรื่อง เซนเซอร์ วิชาการควบคุมในงานอุตสาหกรรม ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในสมมติฐาน และนักศึกษาที่ผ่านกระบวนการเรียนการสอนด้วยชุดการสอนนี้มีความรู้เพิ่มขึ้นจริง และสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

5.2 การอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยการสร้างชุดการสอนเรื่อง เซนเซอร์ วิชาการควบคุมในงานอุตสาหกรรม สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

5.2.1 ด้านคะแนนแบบทดสอบท้ายบทตามตารางที่ 4-3 จะเห็นว่าค่าคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบท้ายบททั้ง 4 บท อยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยพิจารณาจากค่าร้อยละที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 80 ต่อคะแนนเต็ม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในการจัดการเรียนการสอนสำหรับการวิจัยนี้ นักศึกษาได้รับเนื้อหาซึ่งเรียงไว้อย่างเป็นระบบทำให้ประหยัดเวลาในการเรียน รวมถึงได้รับรายละเอียดของเนื้อหาครบถ้วนทั้งยังมีการทำแบบทดสอบ หลังจากเรียนจบในแต่ละบทเพื่อวัดความก้าวหน้า ทำให้นักเรียนทราบผลคะแนนของตัวเองในแต่ละครั้ง ส่งผลให้มีความกระตือรือร้นต่อการเรียนมากขึ้น

5.2.2 ด้านประสิทธิภาพชุดการสอนตามตารางที่ 4-4 จะเห็นว่าผลการทำแบบทดสอบท้ายบทจะมีระดับคะแนนเฉลี่ย และค่าร้อยละสูงกว่าคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแบบทดสอบท้ายบทเป็นการวัดความเข้าใจในการเรียนแต่ละครั้ง หลังจากเรียนจบแต่ละบทเรียนซึ่งใช้เวลาไม่นานและนักเรียนยังสามารถจดจำเนื้อหาได้ ส่วนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีเนื้อหารวมทุกหน่วยการเรียนรู้ และมีช่วงเวลาก่อนการทดสอบค่อนข้างนานเป็นไปได้ที่การจดจำเนื้อหาของนักเรียนอาจลดลงบ้าง ทำให้คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าแบบทดสอบท้ายบท

5.2.3 ด้านความก้าวหน้าทางการเรียนหากแยกกลุ่มตามเกรดเฉลี่ยเป็นกลุ่มที่มีเกรดเฉลี่ยสูงและกลุ่มที่มีเกรดเฉลี่ยต่ำของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 40 คน ปรากฏว่ากลุ่มที่มีเกรดเฉลี่ยสูงมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนสูงกว่ากลุ่มที่มีเกรดเฉลี่ยต่ำ เมื่อทดสอบโดยใช้การทดสอบแบบที (t-test) ปรากฏว่าไม่แตกต่างกัน ส่วนคะแนนทดสอบหลังเรียนของทั้งสองกลุ่ม เมื่อทดสอบโดยใช้การทดสอบแบบที (t-test) ปรากฏว่าไม่แตกต่างกัน โดยกลุ่มที่มีเกรดเฉลี่ยสูงมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มที่มีเกรดเฉลี่ยต่ำ จากตารางที่ 4-5 จะสังเกตเห็นว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ในค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทั้งสองกลุ่มจะแตกต่างกันมากจนเกือบแตกต่างกัน

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบแบบก่อนเรียน และหลังเรียน มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดการสอนเรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม โดยตั้งสมมติฐานในการวิจัยว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และหลังจากที่ผู้เรียนได้เรียนด้วยชุดการสอนที่สร้างขึ้นจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ผู้วิจัยได้สร้างชุดการสอน เรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม หลังจากนั้นได้นำชุดการสอนไปให้อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและประเมินชุดการสอนเพื่อหาคุณภาพของชุดการสอนในด้านต่าง ๆ พบว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีค่าคะแนนเฉลี่ยรวมทุกด้าน 4.27 ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก แล้วผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่เรียนผ่านวิชานี้มาแล้ว จำนวน 40 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ ซึ่งแบบทดสอบมีค่าความยากง่าย 0.40 มีค่าอำนาจจำแนก 0.45 ค่าความเชื่อมั่น 0.969 จากนั้นทำการปรับปรุงชุดการสอน และแบบทดสอบให้ดียิ่งขึ้น ก่อนที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ขส.ทบ. ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 จำนวน 40 คน โดยผู้วิจัยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง ก่อนจะดำเนินการสอน ให้ผู้เรียนได้ทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) จากนั้นดำเนินการสอนโดยใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้น หลังจากเรียนจบในแต่ละบทเรียนแล้ว ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบท้ายบท เมื่อเรียนครบทุกบทเรียนให้ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Post-test) ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน และให้ตอบแบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษา พบว่านักศึกษามีความคิดเห็นต่อชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีค่าคะแนนเฉลี่ยรวมทุกด้าน 3.62 ซึ่งมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบท้ายบท แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 83.15/82.28 ซึ่งแสดงว่าชุดการสอนนี้ สามารถใช้สอนได้อย่างมีประสิทธิภาพตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือ 80/80 และผลจาก

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์. ยุทธวิธีการเรียนการสอนวิชาเทคนิค. ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระนครเหนือ, 2540.
- กาญจนา เกียรติประวัติ. วิธีสอนทั่วไปและทักษะการสอน. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช, 2524.
- กานดา พุนลาภทวี. การวัดและประเมินผลการศึกษา. ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระนครเหนือ, 2528.
- กรองกาญจน์ อรุณรัตน์. เอกสารประกอบการสอนเรื่องชุดการเรียนการสอน. 2536. (อัดสำเนา)
- กิดานันท์ มลิทอง. เทคโนโลยีทางการศึกษาและนวัตกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
- กิ่งฟ้า สีนวัญ และสุดดดา ลอยฟ้า. “ปฏิรูปการเรียนรู้ ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง.” วารสารส่งเสริมประสิทธิภาพการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 11(มกราคม-เมษายน 2545): 1-12.
- สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, กระทรวงศึกษาธิการ. หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546. กรุงเทพมหานคร: 2546.
- คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ , สำนักงาน “แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ.2540-2544” กรุงเทพมหานคร
- ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. การใช้ SPSS เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล. www.watpon.com, 2544.
- ชม ภูมิภาค. เทคโนโลยีทางการสอนและการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : ประสานมิตร, 2524.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์, นิคม ทาแดง, และสมเชาว์ เนตรประเสริฐ. เทคโนโลยีและสื่อทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2523.
- ชูชาติ สีเทา. “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า 2 เรื่องอนุกรมฟูเรียร์ การแปลงฟูเรียร์ การประยุกต์ใช้งานฟูเรียร์ในวงจรไฟฟ้า และวงจรสองพอร์ต หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พุทธศักราช 2543.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์-ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2541.
- ชูศรี วงศ์รัตนะ. เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์เจริญผล, 2544.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. เทคโนโลยีทางการศึกษาหลักการและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช, 2526.

ดิเรก มณีวรรณ. “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาระบบโทรคมนาคม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2543.

พิสิฐ เมธากัทร และธีระพล เมธากุล. ยุทธวิธีการเรียนการสอนวิชาเทคนิค. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2529.

พิเชฐ อนุกุล. “การจัดการเรียนการสอนระดับอุดมศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ.” วารสารมหาวิทยาลัยพายัพ. 15(มิถุนายน-ธันวาคม 2546): 17.

พรจิต ประทุมสุวรรณ . เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม(เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์). กรุงเทพมหานคร : เรือนแก้วการพิมพ์ , 2541.

เตือนใจ อาชีวะพนิช. “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาวิเคราะห์วงจรข่ายหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต”. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2541.

บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ . คู่มือการจัดทำวิทยานิพนธ์. กรุงเทพมหานคร: 2544.

มงคล หวังสถิตยวงษ์. “การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสมรรถภาพด้านการสอนวิชาทฤษฎีสำหรับอาจารย์ที่สอนวิชาชีพด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในระดับอุดมศึกษา.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมดุสิตบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและพัฒนาหลักสูตร ภาควิชาบริหารเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.

รุ่งทิวา จักรกร. วิธีการสอนทั่วไป. กรุงเทพมหานคร. ภาควิชาหลักสูตรและการสอนมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2527

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น, 2538.

ลัดดา สุขปรีดี. เทคโนโลยีทางการสอน. ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษามหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน, 2522.

วาสนา ชาวหา. เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์กราฟอาร์ต, 2525.

สมศักดิ์ กิรติวุฒิสเรษฐ . หลักการใช้เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร : ศ. เอเซียเพรส จำกัด , 2540.

เสาวณีย์ ลิกขาบัณฑิต. หน่วยการเรียนรู้การสอน. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2526.

_____. เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2528.

สุรพันธ์ ต้นศรีวงษ์. วิธีการสอน. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2538.

สุราษฎร์ พรหมจันทร์. การวัดผลการศึกษา. ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2530.

_____. การพัฒนาหลักสูตรรายวิชา. ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2531.

สมหญิง เจริญจิตรกรรม. เทคโนโลยีทางการศึกษาเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาหลักสูตรและวิธีการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2529.

สุชน แก่นตัน. “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาวงจรไฟฟ้า 2 เรื่องวงจรไฟฟ้า 3 เฟส หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2540 กรมอาชีวศึกษา.”
วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.

สุนทร อิ่มสะอาด. “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนเรื่อง การเขียนแบบแยกชิ้นสำหรับนักศึกษาสาขาวิชาช่างเทคนิคการผลิต ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง.”
วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , 2543.

หน่วยศึกษานิเทศก์. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน กระทรวงศึกษาธิการ. แนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญระดับอาชีวศึกษา. เอกสารลำดับที่ 9/2545.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักงานนายกรัฐมนตรี. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. จัดพิมพ์โดย บริษัทพริกหวานกราฟฟิค จำกัด, 2543.

ศิริวิทย์ กุลโรจนภัทร . ทฤษฎีการวัดและทดสอบ . กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาบริหารเทคนิคศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , 2540.

อรอนงค์ วรรณรักษันกร. “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาการวิเคราะห์และออกแบบวงจรดิจิทัล หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พุทธศักราช 2543.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.

ภาษาอังกฤษ

John W. Best. Research in Education. New Jersey: Prentice-Hall, 1970.

ภาคผนวก ก

รายละเอียดของหลักสูตร และ
ลักษณะรายวิชา ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546

สาขาวิชา ช่างไฟฟ้ากำลัง (กรมอาชีวศึกษา)

ลักษณะรายวิชา

- | | |
|-------------------------|---|
| 1. ชื่อวิชาและรหัสวิชา | ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม 3104-2007 |
| 2. หมวดวิชา | วิชาชีพเฉพาะสาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง |
| 3. การจัดการเรียนการสอน | ภาคเรียนที่ 2 |
| 4. เวลาเรียน | ทฤษฎี 2 คาบเรียน / สัปดาห์ ปฏิบัติ 2 คาบเรียน / สัปดาห์
ตลอด 16 สัปดาห์ / 1 ภาคเรียน |
| 5. หน่วยกิต | 3 หน่วยกิต |
| 6. จุดประสงค์รายวิชา | <ol style="list-style-type: none">1. เพื่อให้เข้าใจโครงสร้างส่วนประกอบ การทำงานของโปรแกรม เมเบิลคอนโทรลเลอร์ คอมพิวเตอร์ เซนเซอร์ และอุปกรณ์ ควบคุมแบบต่างๆ2. เพื่อให้สามารถเขียนโปรแกรมคำสั่ง ควบคุมการทำงานของ โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซนเซอร์และอุปกรณ์ ควบคุมแบบต่างๆ3. เพื่อให้มีกิจนิสัยในการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม |
| 7. มาตรฐานรายวิชา | <ol style="list-style-type: none">1. เขียนโปรแกรมควบคุมโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์2. นำเซนเซอร์และอุปกรณ์ควบคุมมาประยุกต์ใช้งาน3. ประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปร่วมกับเซนเซอร์และอุปกรณ์ ควบคุมแบบต่างๆ |
| 8. คำอธิบายรายวิชา | ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้างของ โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ การเขียนคำสั่งควบคุมการทำงานของโปรแกรม เมเบิลคอนโทรลเลอร์ หลักการทำงานของเซนเซอร์ที่ใช้วัดและ ตรวจจับความเร็ว ความดัน อุณหภูมิ อัตราการไหล ระดับ น้ำหนัก แสง พร็อกซิมิตี้สวิตช์ อุปกรณ์ตรวจจับตัวตั้งเวลา ตัวนับ ลิมิตสวิตช์ ฯลฯ การนำเอาโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ และคอมพิวเตอร์ มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเซนเซอร์และอุปกรณ์ ควบคุมต่างๆ |

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์หัวข้อเรื่องในวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

ผลการวิเคราะห์รายละเอียดหัวข้อเรื่องและแหล่งข้อมูล

ผลการประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่อง

ผลการประเมินความสำคัญและรายละเอียดเนื้อหาของหัวข้อเรื่อง

ผลการวิเคราะห์เนื้อหาสำคัญของหัวข้อเรื่องและความรู้ของเนื้อหา

ผลการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ตารางที่ ข-1 ผลการวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง เซนเซอร์ วิชาการควบคุมในงานอุตสาหกรรม

ลำดับที่	หัวข้อเรื่อง	จำนวนคาบ
1	โครงสร้างและคุณสมบัติ พี แอล ซี	2
2	การกำหนดเบอร์รีเลย์ภายใน พี แอล ซี	4
3	การใช้อุปกรณ์ประกอบการเขียนโปรแกรม	4
4	โครงสร้างและคุณสมบัติของเซนเซอร์และทรานดิวเซอร์	4
5	อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน Pressure Transducers	2
6	อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ Temperature Transducers	2
7	พรีอักษิมิตีเซนเซอร์	2
8	เซนเซอร์	12

ตารางที่ ข-2 ผลการวิเคราะห์รายละเอียดของหัวข้อเรื่องและแหล่งข้อมูล

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

รหัส 3104-2007

ลำดับที่	หัวข้อเรื่อง	แหล่งข้อมูล			
		1	2	3	4
1	โครงสร้างและคุณสมบัติ พี แอล ซี	/	/	/	/
2	การกำหนดเบอร์รีเลย์ภายใน พี แอล ซี	/	/	/	/
3	การใช้อุปกรณ์ประกอบการเขียนโปรแกรม	/	/	/	/
4	โครงสร้างและคุณสมบัติของเซนเซอร์และทรานดิวเซอร์	/	/	/	/
5	อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน Pressure Transducers	/	/	/	/
6	อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ Temperature Transducers	/	/	/	/
7	พรีอักษมิติเซนเซอร์	/	/	/	/
8	เซนเซอร์	/	/	/	/

แหล่งข้อมูล :

1. หลักสูตรรายวิชา
2. หนังสือ ตำราเอกสาร และคู่มือ
3. ผู้เชี่ยวชาญ
4. ประสบการณ์ของผู้สอน

ตารางที่ ข-3 ผลการประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่อง

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

รหัส 3104-2007

ลำดับที่	หัวข้อเรื่อง (Topic)	ความสำคัญ		
		1	2	3
1	โครงสร้างและคุณสมบัติ พี แอล ซี	X	I	O
2	การกำหนดเบอร์รีเลย์ภายใน พี แอล ซี	X	I	O
3	การใช้อุปกรณ์ประกอบการเขียนโปรแกรม	X	I	O
4	โครงสร้างและคุณสมบัติของเซนเซอร์และทรานดิวเซอร์	X	I	O
5	อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน Pressure Transducers	X	I	O
6	อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ Temperature Transducers	X	I	O
7	พรีอักษมิติเซนเซอร์	X	I	O
8	เซนเซอร์	X	X	I

หมายเหตุ

- 1 คือ ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในการเรียน
- 2 คือ ช่วยส่งเสริมทักษะการทำงานให้ถูกต้อง
- 3 คือ ช่วยส่งเสริมผู้เรียนมีเจตคติที่ดี

ความสำคัญ

- X คือ มาก
I คือ ปานกลาง
O คือ น้อย

ตารางที่ ข-4 ผลการประเมินความสำคัญและรายละเอียดเนื้อหาของหัวข้อเรื่อง

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

รหัส 3104-2007

หัวข้อเรื่อง : เซนเซอร์

เรื่อง : เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

รายละเอียดเนื้อหาของหัวข้อเรื่อง	ความสำคัญ		
	1	2	3
1. ความหมายของการวัดอุณหภูมิ	X	O	O
2. หน่วยวัดอุณหภูมิ	X	O	O
3. โครงสร้างและหลักการทำงานของ อาร์.ที.ดี	X	I	O
4. การต่อวงจรของอาร์.ที.ดี ในการใช้งาน	X	I	O
5. โครงสร้างและหลักการทำงานของเทอร์มิสเตอร์	X	O	O
6. การต่อวงจรของเทอร์มิสเตอร์ในการใช้งาน	X	I	O
7. โครงสร้างและการทำงานของเทอร์โมคัปเปิล	X	I	O
8. การต่อวงจรของเทอร์โมคัปเปิลในการใช้งาน	X	O	O
9. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	X	I	O
10. เลือกชนิดของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิให้เหมาะสมกับงาน	X	O	O

หมายเหตุ

- 1 คือ ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในการเรียน
- 2 คือ ช่วยส่งเสริมทักษะการทำงานให้ถูกต้อง
- 3 คือ ช่วยส่งเสริมผู้เรียนมีเจตคติที่ดี

ความสำคัญ

- X คือ มาก
I คือ ปานกลาง
O คือ น้อย

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

รหัส 3104-2007

หัวข้อเรื่อง : เซนเซอร์

เรื่อง : เซนเซอร์ตรวจวัดความดัน

รายละเอียดเนื้อหาของหัวข้อเรื่อง	ความสำคัญ		
	1	2	3
1. ความหมายและรูปแบบของการวัดความดัน	X	O	O
2. หน่วยที่ใช้ในการวัดความดัน	X	O	O
3. โครงสร้างและหลักการทำงานของมาโนมิเตอร์แต่ละชนิด	X	O	O
4. โครงสร้างและหลักการทำงานของบูร์ดองแต่ละชนิด	X	O	O
5. โครงสร้างและหลักการทำงานของไดอะแฟรม	X	O	O
6. โครงสร้างและหลักการทำงานของเบลโลว์	X	O	O
7. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดความดัน	X	O	O
8. เลือกใช้เซนเซอร์ตรวจวัดความดันให้เหมาะสมกับงาน	X	O	O

หมายเหตุ

- 1 คือ ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในการเรียน
- 2 คือ ช่วยส่งเสริมทักษะการทำงานให้ถูกต้อง
- 3 คือ ช่วยส่งเสริมผู้เรียนมีเจตคติที่ดี

ความสำคัญ

- X คือ มาก
I คือ ปานกลาง
O คือ น้อย

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

รหัส 3104-2007

หัวข้อเรื่อง : เซนเซอร์

เรื่อง : เซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่

รายละเอียดเนื้อหาของหัวข้อเรื่อง	ความสำคัญ		
	1	2	3
1. ความหมายของพรีอักษิมิตีเซนเซอร์	X	I	O
2. โครงสร้างและหลักการทำงานของพรีอักษิมิตีเซนเซอร์แต่ละชนิด	X	O	O
3. รายละเอียดทางเทคนิคของพรีอักษิมิตีเซนเซอร์	X	I	O
4. การติดตั้งพรีอักษิมิตีเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำและแบบเก็บประจุ	X	O	O
5. การต่อใช้งานพรีอักษิมิตีเซนเซอร์	X	I	O
6. ความหมายของเซนเซอร์ชนิดใช้แสง	X	O	O
7. ชนิดของตัวรับและส่งแสง	X	I	O
8. เทคนิคในการรับส่งลำแสง	X	O	O
9. โครงสร้างของเซนเซอร์ชนิดรับส่งลำแสง	X	I	O
10. หลักการทำงานของเซนเซอร์ชนิดใช้แสงแต่ละชนิด	X	O	O
11. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่	X	I	O
12. เลือกใช้เซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมกับงาน	X	O	O

หมายเหตุ

- 1 คือ ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในการเรียน
- 2 คือ ช่วยส่งเสริมทักษะการทำงานให้ถูกต้อง
- 3 คือ ช่วยส่งเสริมผู้เรียนมีเจตคติที่ดี

ความสำคัญ

- X คือ มาก
I คือ ปานกลาง
O คือ น้อย

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

รหัส 3104-2007

หัวข้อเรื่อง : เซนเซอร์

เรื่อง : เซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหล

รายละเอียดเนื้อหาของหัวข้อเรื่อง	ความสำคัญ		
	1	2	3
1. ธรรมชาติของของไหล	X	O	O
2. ความแตกต่างระหว่างอัตราการไหลกับปริมาณการไหล	X	O	O
3. โครงสร้างและหลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดอัตราการไหลแบบจำกัดพื้นที่การไหล	X	O	O
4. โครงสร้างและหลักการทำงานของการวัดอัตราการไหลแบบโรตารี่	X	O	O
5. โครงสร้างและหลักการทำงานของการวัดอัตราการไหลแบบอัลตราโซนิก	X	I	O
6. โครงสร้างและหลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดปริมาณการไหลแบบวัดปริมาตร	X	I	O
7. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหล	X	O	O
8. เลือกใช้เซนเซอร์เซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหลให้เหมาะสมกับงาน	X	I	O

หมายเหตุ

- 1 คือ ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในการเรียน
- 2 คือ ช่วยส่งเสริมทักษะการทำงานให้ถูกต้อง
- 3 คือ ช่วยส่งเสริมผู้เรียนมีเจตคติที่ดี

ความสำคัญ

- X คือ มาก
- I คือ ปานกลาง
- O คือ น้อย

ตารางที่ ข-5 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาสำคัญของหัวเรื่องและความรู้ของเนื้อหา

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

รหัส 3104-2007

หัวเรื่อง : เซนเซอร์

เรื่อง : เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

เนื้อหาสำคัญของหัวเรื่อง	ความรู้ที่ต้องการ	TK		
		R	A	T
เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ				
1. ความหมายของการวัดอุณหภูมิ	1.1 ความหมายของการวัดอุณหภูมิ	I		
2. หน่วยวัดอุณหภูมิ	2.1 หน่วยการวัดอุณหภูมิแบบเซลเซียส (Celsius) เคลวิน (Kelvin) และ ฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit)	I		
3. โครงสร้างและหลักการ ทำงานของ อาร์.ที.ดี	3.1 ความหมายของ อาร์.ที.ดี 3.2 โครงสร้างของ อาร์.ที.ดี 3.3 หลักการทำงานของ อาร์.ที.ดี	I	X X	
4. การต่อวงจรของอาร์.ที. ดี ในการใช้งาน	4.1 การต่อวงจรแบบ 2 สาย , แบบ 3 สาย และ แบบ 4 สาย		X	
5. โครงสร้างและหลักการ ทำงานของเทอร์มิสเตอร์	5.1 ความหมายของเทอร์มิสเตอร์ 5.2 โครงสร้างของเทอร์มิสเตอร์ 5.3 หลักการทำงานของเทอร์มิสเตอร์	I	X X	
6. การต่อวงจรของเทอร์ มิสเตอร์ในการใช้งาน	6.1 การต่อวงจรแบบวงจรแบ่งแรงดัน , แบบบริดจ์		X	
7. โครงสร้างและการ ทำงานของเทอร์ โมคัปเปิล	7.1 ความหมายของเทอร์โมคัปเปิล 7.2 โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล 7.3 หลักการทำงานของเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชนิด	I	X X	

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

รหัส 3104-2007

หัวเรื่อง : เซนเซอร์

เรื่อง : เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

เนื้อหาสำคัญของหัวเรื่อง	ความรู้ที่ต้องการ	TK		
		R	A	T
8. การต่อวงจรของเทอร์โมคัปเปิลในการใช้งาน	8.1 การต่อร่วมกับวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส			X
9. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	9.1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของอาร์.ที.ดี , เทอร์มิสเตอร์ , เทอร์โมคัปเปิล			X
10. เลือกชนิดของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิให้เหมาะสมกับงาน	10.1 ลักษณะของงานที่เหมาะสมกับเซนเซอร์แต่ละประเภท		X	
	10.2 ตัวอย่างการติดตั้งใช้งาน		X	

หมายเหตุ :

TK คือ ระดับความรู้

R คือ พื้นฐานความรู้

A คือ การประยุกต์ความรู้

T คือ การส่งถ่ายความรู้

ความสำคัญ

X คือ สำคัญมาก

I คือ สำคัญ

O คือ ไม่สำคัญ

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

รหัส 3104-2007

หัวเรื่อง : เซนเซอร์

เรื่อง : เซนเซอร์วัดความดัน

เนื้อหาสำคัญของหัวเรื่อง	ความรู้ที่ต้องการ	TK		
		R	A	T
เซนเซอร์วัดความดัน				
1. ความหมายและรูปแบบของการวัดความดัน	1.1 ความหมายของการวัดอุณหภูมิ 1.2 รูปแบบของความดัน - ค่าความดันสัมบูรณ์ (absolute pressure) - ค่าความดันเกจ (Quage pressure) - ความดันดิฟเฟอเรนเชียล (differential pressure) - สุญญากาศ (vacuum)	I I		
2. หน่วยที่ใช้ในการวัดความดัน	2.1 ระบบเมตริกซ์หรือระบบ SI (SI unit) คือ ปาสคาล (pascal) 2.2 ระบบอังกฤษ คือ มิลลิเมตรปรอท “mm Hg”	I I		
3. โครงสร้างและหลักการทำงานของมาโนมิเตอร์แต่ละชนิด	3.1 ความหมายของ มาโนมิเตอร์ 3.2 โครงสร้างและหลักการทำงานของมาโนมิเตอร์ - แบบตัว U , แบบท่อเดียว , แบบท่อเอียง	I	X	
4. โครงสร้างและหลักการทำงานของบูร์ดองแต่ละชนิด	4.3 ความหมายของบูร์ดอง 4.4 โครงสร้างและหลักการทำงานของบูร์ดอง - แบบตัว C , แบบขดซ้อน , แบบก้นหอย	I	X	

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

รหัส 3104-2007

หัวเรื่อง : เซนเซอร์

เรื่อง : เซนเซอร์ตรวจวัดความดัน

เนื้อหาสำคัญของหัวเรื่อง	ความรู้ที่ต้องการ	TK		
		R	A	T
5. โครงสร้างและหลักการทำงานของไดอะแฟรม	5.1 ความหมายของไดอะแฟรม 5.2 โครงสร้างและหลักการทำงานของไดอะแฟรม - ชนิดแผ่นเรียบ (Flat Type) - ชนิดลอน (Corrugated Type) - ชนิดแคปซูล (Capsule) - แบบ Convex - แบบ Nested d	I	X	
6. โครงสร้างและหลักการทำงานของเบลโลว์	6.1 ความหมายของเบลโลว์ 6.2 โครงสร้างและหลักการทำงานของเบลโลว์	I	X	
7. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดความดัน	7.1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของมาโนมิเตอร์, บูร์ดอง, ไดอะแฟรม, เบลโลว์			X
8. เลือกใช้เซนเซอร์ตรวจวัดความดันให้เหมาะสมกับงาน	8.1 ลักษณะของงานที่เหมาะสมกับเซนเซอร์แต่ละประเภท 8.2 ตัวอย่างการติดตั้งใช้งาน		X X	

หมายเหตุ :

TK คือ ระดับความรู้

R คือ พื้นต้นความรู้

A คือ การประยุกต์ความรู้

T คือ การส่งถ่ายความรู้

ความสำคัญ

X คือ สำคัญมาก

I คือ สำคัญ

O คือ ไม่สำคัญ

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

รหัส 3104-2007

หัวเรื่อง : เซนเซอร์

เรื่อง : เซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่

เนื้อหาสำคัญของหัวเรื่อง	ความรู้ที่ต้องการ	TK		
		R	A	T
เซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่				
1. ความหมายของพรีอักษิมีตี้เซนเซอร์	1.1 ความหมายของพรีอักษิมีตี้	I		
2. โครงสร้างและหลักการการทำงานของพรีอักษิมีตี้เซนเซอร์แต่ละชนิด	2.1 โครงสร้างและหลักการทำงานของพรีอักษิมีตี้แบบเหนี่ยวนำ และแบบเก็บประจุ		X	
3. รายละเอียดทางเทคนิคของพรีอักษิมีตี้เซนเซอร์	3.1 รายละเอียดทางเทคนิค		X	
4. การติดตั้งพรีอักษิมีตี้เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำและแบบเก็บประจุ	4.1 การติดตั้งเซนเซอร์รูปทรงกระบอก - การติดตั้งแบบฝัง (flush) - การติดตั้งแบบไม่ฝัง (non -flush)		X	
	4.2 การติดตั้งเซนเซอร์รูปทรงสี่เหลี่ยม - การติดตั้งแบบฝัง (flush) - การติดตั้งแบบไม่ฝัง (non -flush)		X	

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัส 3104-2007

หัวเรื่อง : เซนเซอร์

เรื่อง : เซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่

เนื้อหาสำคัญของหัวเรื่อง	ความรู้ที่ต้องการ	TK		
		R	A	T
5. การต่อใช้งานพรีอักษิมิตีเซนเซอร์	5.1 วิธีการต่อใช้งานพรีอักษิมิตีเซนเซอร์		X	
	- แบบมีสายสัญญาณ 2 เส้น			
	- แบบมีสายสัญญาณ 3 เส้น			
	- แบบมีสายสัญญาณ 4 เส้น			
	5.2 การต่อเซนเซอร์อนุกรมกัน		X	
	- แบบมีสายสัญญาณ 2 เส้น			
6. ความหมายของเซนเซอร์ชนิดใช้แสง	5.3 การต่อเซนเซอร์ขนานกัน		X	
	- แบบมีสายสัญญาณ 2 เส้น			
	- แบบมีสายสัญญาณ 3 เส้น			
	6.1 ความหมาย	I		
7. ชนิดของตัวรับและส่งแสง	7.1 ชนิดของตัวรับแสงและส่งแสง		X	
	- ตัวรับแสง			
8. เทคนิคในการรับส่งลำแสง	- ตัวกำเนิดแสง			
	7.2 เทคนิคในการรับส่งลำแสง		X	
	- วิธีการรับส่งแสงแบบทั่วไป			
	- วิธีการรับแสงแบบพัลส์			

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัส 3104-2007

หัวเรื่อง : เซนเซอร์

เรื่อง : เซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่

เนื้อหาสำคัญของหัวเรื่อง	ความรู้ที่ต้องการ	TK		
		R	A	T
9. โครงสร้างของ เซนเซอร์ชนิดรับส่ง ลำแสง	9.1 โครงสร้างของเซนเซอร์ชนิดรับส่งลำแสง - วงจรกำเนิดคลื่นหรือพัลส์ความถี่สูง - แหล่งกำเนิดแสง ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ LED - อุปกรณ์รับแสงโดย		X	
10. หลักการทำงานของ เซนเซอร์ชนิดใช้ แสงแต่ละชนิด	10.1 แบบลำแสงผ่านตลอด 10.2 แบบลำแสงสะท้อนกลับ 10.3 แบบลำแสงตรวจจับโดยตรง		X X X	
11. เปรียบเทียบ คุณสมบัติของ เซนเซอร์ตรวจ ตำแหน่งและการ เคลื่อนที่	11.1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของพรีอักษิมิตรี และ เซนเซอร์ชนิดใช้แสง			X
12. เลือกใช้เซนเซอร์ ตรวจวัดตำแหน่งและ การเคลื่อนที่ให้ เหมาะสมกับงาน	12.1 ลักษณะของงานที่เหมาะสมกับเซนเซอร์แต่ละประเภท 12.2 ตัวอย่างการติดตั้งใช้งาน		X X	

หมายเหตุ :

TK คือ ระดับความรู้

R คือ พื้นต้นความรู้

A คือ การประยุกต์ความรู้

T คือ การส่งถ่ายความรู้

ความสำคัญ

X คือ สำคัญมาก

I คือ สำคัญ

O คือ ไม่สำคัญ

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

รหัส 3104-2007

หัวเรื่อง : เซนเซอร์

เรื่อง : เซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหล

เนื้อหาสำคัญของหัวเรื่อง	ความรู้ที่ต้องการ	TK		
		R	A	T
เซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหล				
1. ธรรมชาติของของไหล	1.1 อัตราการไหลของปริมาตร 1.2 ความเร็วของการไหล 1.3 อัตราการไหลของมวลหรือน้ำหนัก	I I I		
2. ความแตกต่างระหว่างอัตราการไหลกับปริมาณการไหล	2.1 การวัดปริมาณการไหล 2.2 การวัดอัตราการไหล	I I		
3. โครงสร้างและหลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดอัตราการไหลแบบจำกัดพื้นที่การไหล	3.1 โครงสร้างและหลักการทำงานของแผ่นออริฟิส , ท่อเวนทูรี , นี้อชเชิล		X	
4. โครงสร้างและหลักการทำงานของ การวัดอัตราการไหลแบบโรตاميเตอร์	3.1 โครงสร้างของโรตاميเตอร์ 3.2 หลักการทำงานของโรตاميเตอร์		X X	

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

รหัส 3104-2007

หัวเรื่อง : เซนเซอร์

เรื่อง : เซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหล

เนื้อหาสำคัญของหัวเรื่อง	ความรู้ที่ต้องการ	TK		
		R	A	T
5. โครงสร้างและหลักการทำงานของ การวัดอัตราการไหลแบบอัลตราโซนิก	5.1 โครงสร้าง - แบบ Counterpropagating - แบบ Doppler		X	
6. โครงสร้างและหลักการทำงานของ เซนเซอร์ตรวจวัด ปริมาณการไหลแบบ วัดปริมาตร	6.1 โครงสร้างและหลักการทำงานของแบบลูกสูบ และแบบโอวอล		X	
7. เปรียบเทียบคุณสมบัติของ เซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหล	7.1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเซนเซอร์ตรวจวัดการไหล			X
8. เลือกใช้เซนเซอร์ เซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหลให้เหมาะสมกับงาน	8.1 ลักษณะของงานที่เหมาะสมกับเซนเซอร์แต่ละประเภท 8.2 ตัวอย่างการติดตั้งใช้งาน		X X	

หมายเหตุ :

TK คือ ระดับความรู้

R คือ พื้นความรู้

A คือ การประยุกต์ความรู้

T คือ การส่งถ่ายความรู้

ความสำคัญ

X คือ สำคัญมาก

I คือ สำคัญ

O คือ ไม่สำคัญ

ตารางที่ ข-6 ผลการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

รหัส 3104-2007

หัวเรื่อง : เซนเซอร์

เรื่อง : เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับความสำคัญ(LS)		
	R	A	T
1. ความหมายของการวัดอุณหภูมิ	I		
2. หน่วยวัดอุณหภูมิ	I		
3. โครงสร้างและหลักการทำงานของ อาร์.ที.ดี		X	
4. การต่อวงจรของอาร์.ที.ดี ในการใช้งาน	X		
5. โครงสร้างและหลักการทำงานของเทอร์มิสเตอร์		X	
6. การต่อวงจรของเทอร์มิสเตอร์ในการใช้งาน	X		
7. โครงสร้างและการทำงานของเทอร์โมคัปเปิล		X	
8. การต่อวงจรของเทอร์โมคัปเปิลในการใช้งาน	X		
9. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ		X	
10. เลือกชนิดของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิให้เหมาะสมกับงาน			X

หมายเหตุ :

TK คือ ระดับความรู้

R คือ พื้นกึ้นความรู้

A คือ การประยุกต์ความรู้

T คือ การส่งถ่ายความรู้

ความสำคัญ

X คือ สำคัญมาก

I คือ สำคัญ

O คือ ไม่สำคัญ

ตารางที่ ข-6(ต่อ)

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

รหัส 3104-2007

หัวเรื่อง : เซนเซอร์

เรื่อง : เซนเซอร์ตรวจวัดความดัน

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับความสำคัญ(LS)		
	R	A	T
1. ความหมายและรูปแบบของการวัดความดัน	I		
2. หน่วยที่ใช้ในการวัดความดัน	I		
3. โครงสร้างและหลักการทำงานของมาโนมิเตอร์แต่ละชนิด		X	
4. โครงสร้างและหลักการทำงานของบูร์ดองแต่ละชนิด		X	
5. โครงสร้างและหลักการทำงานของไดอะแฟรม		X	
6. โครงสร้างและหลักการทำงานของเบลโลว์		X	
7. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดความดัน		X	
8. เลือกใช้เซนเซอร์ตรวจวัดความดันให้เหมาะสมกับงาน			X

หมายเหตุ :

LS คือ ระดับความสำคัญ

ความสำคัญ

R คือ พื้นกั้นความรู้

X คือ สำคัญมาก

A คือ การประยุกต์ความรู้

I คือ สำคัญ

T คือ การส่งถ่ายความรู้

O คือ ไม่สำคัญ

ตารางที่ ข-6 (ต่อ)

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

รหัส 3104-2007

หัวเรื่อง : เซนเซอร์

เรื่อง : เซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับความสำคัญ(LS)		
	R	A	T
1. ความหมายของพรีอักษิมิตีเซนเซอร์	I		
2. โครงสร้างและหลักการทำงานของพรีอักษิมิตีเซนเซอร์แต่ละชนิด	X		
3. รายละเอียดทางเทคนิคของพรีอักษิมิตีเซนเซอร์	X		
4. การติดตั้งพรีอักษิมิตีเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำและแบบเก็บประจุ	X		
5. การต่อใช้งานพรีอักษิมิตีเซนเซอร์	X		
6. ความหมายของเซนเซอร์ชนิดใช้แสง	I		
7. ชนิดของตัวรับและส่งแสง		X	
8. เทคนิคในการรับส่งลำแสง		X	
9. โครงสร้างของเซนเซอร์ชนิดรับส่งลำแสง		X	
10. หลักการทำงานของเซนเซอร์ชนิดใช้แสงแต่ละชนิด		X	
11. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่		X	
12. เลือกใช้เซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมกับงาน			X

หมายเหตุ :

LS คือ ระดับความสำคัญ

ความสำคัญ

R คือ พื้นคั้นความรู้

X คือ สำคัญมาก

A คือ การประยุกต์ความรู้

I คือ สำคัญ

T คือ การส่งถ่ายความรู้

O คือ ไม่สำคัญ

ตารางที่ ข-6 (ต่อ)

วิชา : ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

รหัส 3104-2007

หัวเรื่อง : เซนเซอร์

เรื่อง : เซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหล

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับความสำคัญ(LS)		
	R	A	T
1. ธรรมชาติของของไหล	I		
2. ความแตกต่างระหว่างอัตราการไหลกับปริมาณการไหล	I		
3. โครงสร้างและหลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดอัตราการไหลแบบจำกัดพื้นที่การไหล		X	
4. โครงสร้างและหลักการทำงานของการวัดอัตราการไหลแบบโรตารี่มิเตอร์		X	
5. โครงสร้างและหลักการทำงานของการวัดอัตราการไหลแบบอัลตราโซนิก		X	
6. โครงสร้างและหลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดปริมาณการไหลแบบวัดปริมาตร		X	
7. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหล		X	
8. เลือกใช้เซนเซอร์เซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหลให้เหมาะสมกับงาน			X

หมายเหตุ :

LS คือ ระดับความสำคัญ

ความสำคัญ

R คือ พื้นฐานความรู้

X คือ สำคัญมาก

A คือ การประยุกต์ความรู้

I คือ สำคัญ

T คือ การส่งถ่ายความรู้

O คือ ไม่สำคัญ

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน

ผลการวิเคราะห์การออกข้อสอบ

ผลการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อการออกข้อสอบ

ผลการวิเคราะห์สื่อการสอน

ตารางที่ ค-1 ผลการวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน

เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	XIO	321	รวม
1. บอกความหมายของการวัดอุณหภูมิได้	R	O	1	22
2. บอกชื่อหน่วยวัดอุณหภูมิได้	R	O	1	
3. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของ อาร์.ที.ดี ได้	A	X	3	
4. บอกวิธีการต่อวงจรของอาร์.ที.ดี ในการใช้งานได้	R	I	2	
5. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของเทอร์มิสเตอร์ได้	A	X	3	
6. บอกวิธีการต่อวงจรของเทอร์มิสเตอร์ในการใช้งานได้	R	I	2	
7. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของเทอร์โมคัปเปิ้ลได้	A	X	3	
8. บอกวิธีการต่อวงจรของเทอร์โมคัปเปิ้ลในการใช้งานได้	R	I	2	
9. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิได้	A	I	2	
10. เลือกชนิดของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิให้เหมาะสมกับงานได้	T	X	3	

เรื่องที่ 2 เซนเซอร์ตรวจวัดความดัน

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	XIO	321	รวม
1. บอกความหมายและรูปแบบของการวัดความดันได้	R	O	1	19
2. บอกหน่วยที่ใช้ในการวัดความดันได้	R	O	1	
3. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของมาโนมิเตอร์แต่ละชนิดได้	A	X	3	
4. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของบูร์ดองแต่ละชนิดได้	A	X	3	
5. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของไดอะแฟรมได้	A	X	3	
6. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของเบลโลว์ได้	A	X	3	
7. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดความดันได้	A	I	2	
8. เลือกใช้เซนเซอร์ตรวจวัดความดันให้เหมาะสมกับงานได้	T	X	3	

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

เรื่องที่ 3 เซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	XIO	321	รวม
1. บอกความหมายของพรีอักษิมิตีเซนเซอร์ได้	R	O	1	26
2. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของพรีอักษิมิตีเซนเซอร์แต่ละชนิดได้	R	X	3	
3. บอกรายละเอียดทางเทคนิคของพรีอักษิมิตีเซนเซอร์ได้	R	I	2	
4. บอกวิธีการติดตั้งพรีอักษิมิตีเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำและแบบเก็บประจุได้	R	I	2	
5. บอกวิธีการต่อใช้งานพรีอักษิมิตีเซนเซอร์ได้	R	O	1	
6. บอกความหมายของเซนเซอร์ชนิดใช้แสงได้	R	O	1	
7. บอกชนิดของตัวรับและส่งแสงได้	A	X	3	
8. บอกเทคนิคในการรับส่งลำแสงได้	A	I	2	
9. อธิบายโครงสร้างของเซนเซอร์ชนิดรับส่งลำแสงได้	A	X	3	
10. อธิบายหลักการทำงานของเซนเซอร์ชนิดใช้แสงแต่ละชนิดได้	A	X	3	
11. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่ได้	A	I	2	
12. เลือกใช้เซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมกับงานได้	T	X	3	

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

เรื่องที่ 4 เซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหล

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	XIO	321	รวม
1. อธิบายธรรมชาติของของไหลได้	R	O	1	20
2. อธิบายความแตกต่างระหว่างอัตราการไหลกับปริมาตรการไหลได้	R	I	2	
3. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดอัตราการไหลแบบจำกัดพื้นที่การไหล	A	X	3	
4. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของการวัดอัตราการไหลแบบโรตารี่เตอร์ได้	A	X	3	
5. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของการวัดอัตราการไหลแบบอัลตราโซนิกได้	A	X	3	
6. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดปริมาตรการไหลแบบวัดปริมาตร	A	X	3	
7. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหลได้	A	I	2	
8. เลือกใช้เซนเซอร์เซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหลให้เหมาะสมกับงานได้	T	X	3	

หมายเหตุ :

ระดับการเรียนรู้	ความสำคัญ	ระดับคะแนน
R คือ พื้นฐานความรู้	X คือ สำคัญมาก	3
A คือ การประยุกต์ความรู้	I คือ สำคัญ	2
T คือ การส่งถ่ายความรู้	O คือ ไม่สำคัญ	1

ตารางที่ ค-2 ผลการวิเคราะห์การออกข้อสอบ

		ระดับของสติปัญญา			รวม คะแนน	ข้อ สอบ	จำนวน ข้อ สอบ
		พื้น กัน ความรู้ (R)	ประ ยุกต์ ความรู้ (A)	ส่ง ถ่าย ความรู้ (T)			
บทที่1	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม				22		13
	1.	O				-	
	2.	O				-	
	3.		X			3	
	4.	I				1	
	5.		X			2	
	6.	I				2	
	7.		X			1	
	8.	I				2	
	9.		I			1	
	10.			X		1	
บทที่2	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม				19		13
	1.	O				-	
	2.	O				1	
	3.		X			3	
	4.		X			3	
	5.		X			2	
	6.		X			2	
	7.		I			1	
	8.			X		1	

ตารางที่ ค-2 (ต่อ)

		ระดับของสติปัญญา			รวม คะแนน	ข้อ สอบ	จำนวน ข้อ สอบ
		พื้นฐาน ความรู้ (R)	ประยุกต์ ความรู้ (A)	ส่งถ่าย ความรู้ (T)			
บทที่ 3	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม				26		18
	1.	O				1	
	2.		X			3	
	3.	I				1	
	4.	I				1	
	5.	O				1	
	6.	O				1	
	7.		X			3	
	8.		I			1	
	9.		X			2	
	10.		X			2	
	11.		I			1	
	12.			X		1	
บทที่ 4	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม				20		14
	1.	O				1	
	2.	I				1	
	3.		X			3	
	4.		X			2	
	5.		X			2	
	6.		X			3	
	7.		I			1	
	8.			X		1	

ตารางที่ ค-3 ผลการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อการออกข้อสอบ

เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	XIO	จำนวนข้อสอบ	ข้อสอบที่
1. บอกความหมายของการวัดอุณหภูมิได้	R	O	13	-
2. บอกชื่อหน่วยวัดอุณหภูมิได้	R	O		-
3. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของ อาร์.ที.ดี ได้	A	X		1,2,3
4. บอกวิธีการต่อวงจรของอาร์.ที.ดี ในการใช้งานได้	R	I		4
5. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของเทอร์มิสเตอร์ได้	A	X		5,6
6. บอกวิธีการต่อวงจรของเทอร์มิสเตอร์ในการใช้งานได้	R	I		7,8
7. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของเทอร์โมคัปเปิ้ลได้	A	X		9
8. บอกวิธีการต่อวงจรของเทอร์โมคัปเปิ้ลในการใช้งานได้	R	I		10,11
9. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิได้	A	I		12
10. เลือกชนิดของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิให้เหมาะสมกับงานได้	T	X		13

เรื่องที่ 2 เซนเซอร์ตรวจวัดความดัน

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	XIO	จำนวนข้อสอบ	ข้อสอบที่
1. บอกความหมายและรูปแบบของการวัดความดันได้	R	O	13	-
2. บอกหน่วยที่ใช้ในการวัดความดันได้	R	O		14
3. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของมาโนมิเตอร์แต่ละชนิดได้	A	X		15,16,17
4. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของบูร์ดองแต่ละชนิดได้	A	X		18,19,20
5. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของไดอะแฟรมได้	A	X		21,22
6. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของเบลโลว์ได้	A	X		23,24
7. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดความดันได้	A	I		25
8. เลือกใช้เซนเซอร์ตรวจวัดความดันให้เหมาะสมกับงานได้	T	X		26

ตารางที่ ค-3 (ต่อ)

เรื่องที่ 3 เซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	XIO	จำนวน ข้อสอบ	ข้อสอบ ที่
1. บอกความหมายของพรีอักษิมิตีเซนเซอร์ได้	R	O	18	27
2. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของพรีอักษิมิตีเซนเซอร์แต่ละชนิดได้	R	X		28,29,30
3. บอกรายละเอียดทางเทคนิคของพรีอักษิมิตีเซนเซอร์ได้	R	I		31
4. บอกวิธีการติดตั้งพรีอักษิมิตีเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำและแบบเก็บประจุได้	R	I		32
5. บอกวิธีการต่อใช้งานพรีอักษิมิตีเซนเซอร์ได้	R	O		33
6. บอกความหมายของเซนเซอร์ชนิดใช้แสงได้	R	O		34
7. บอกชนิดของตัวรับและส่งแสงได้	A	X		35,36,37
8. บอกเทคนิคในการรับส่งลำแสงได้	A	I		38
9. อธิบายโครงสร้างของเซนเซอร์ชนิดรับส่งลำแสงได้	A	X		39,40
10. อธิบายหลักการทำงานของเซนเซอร์ชนิดใช้แสงแต่ละชนิดได้	A	X		41,42
11. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจตำแหน่งและการเคลื่อนที่ได้	A	I		43
12. เลือกใช้เซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมกับงานได้	T	X		44

ตารางที่ ค-3 (ต่อ)

เรื่องที่ 4 เซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหล

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	XIO	จำนวน ข้อสอบ	ข้อสอบที่
1. อธิบายธรรมชาติของของไหลได้	R	O	14	45
2. อธิบายความแตกต่างระหว่างอัตราการไหลกับปริมาตร การไหลได้	R	I		46
3. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของเซนเซอร์ ตรวจวัดอัตราการไหลแบบจำกัดพื้นที่การไหล	A	X		47,48,549
4. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของการวัดอัตรา การไหลแบบโรตารีไดรฟ์	A	X		50,51
5. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของการวัดอัตรา การไหลแบบอัลตราโซนิกได้	A	X		52,53
6. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของเซนเซอร์ ตรวจวัดปริมาณการไหลแบบวัดปริมาตร	A	X		54,55,56
7. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและ อัตราการไหลได้	A	I		57
8. เลือกใช้เซนเซอร์เซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการ ไหลให้เหมาะสมกับงานได้	T	X		58

หมายเหตุ :

ระดับการเรียนรู้	ความสำคัญ	ระดับคะแนน
R คือ พื้นฐานความรู้	X คือ สำคัญมาก	3
A คือ การประยุกต์ความรู้	I คือ สำคัญ	2
T คือ การส่งถ่ายความรู้	O คือ ไม่สำคัญ	1

ตารางที่ ค-4 ผลการวิเคราะห์สื่อการสอน

เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ใบ เนื้อหา	กระดาน ดำ	Power Point	แผ่น ใส	ชุด สาธิต	สื่อที่เลือกใช้	เหตุผลที่เลือก
1. บอกความหมายของการวัดอุณหภูมิได้	X	X	X	X	O	ใบเนื้อหา Power Point	ลดเวลาในการเขียน และลดเวลาเรียน
2. บอกชื่อหน่วยวัดอุณหภูมิได้	X	X	X	X	O	ใบเนื้อหา Power Point	ลดเวลาในการเขียน และลดเวลาเรียน
3. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของ อาร์.ที.ดี ได้	X	X	X	X	X	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นการทำงานและ เสริมจินตนาการ
4. บอกวิธีการต่อวงจรของอาร์.ที.ดี ในการใช้งานได้	X	X	X	I	I	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นการทำงานและ เสริมจินตนาการ
5. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของเทอร์มิสเตอร์ได้	X	X	X	X	X	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นภาพและสร้าง จินตนาการของผู้เรียน

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ใบ เนื้อหา	กระดาน ดำ	Power Point	แผ่น ใส	ชุด สาธิต	สื่อที่เลือกใช้	เหตุผลที่เลือก
6. บอกวิธีการต่อวงจรของเทอร์มิสเตอร์ในการใช้งานได้	X	X	X	I	I	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นวิธีการต่อวงจร และเสริมจินตนาการ
7. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของเทอร์โมคัปเปิลได้	X	X	X	X	X	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นภาพและเสริม จินตนาการของผู้เรียน
8. บอกวิธีการต่อวงจรของเทอร์โมคัปเปิลในการใช้งานได้	X	X	X	I	I	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นวิธีการต่อวงจร และเสริมจินตนาการ
9. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิได้	X	X	X	I	O	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นความแตกต่าง อุปกรณ์แต่ละชนิด
10. เลือกชนิดของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิให้เหมาะสมกับงานได้	X	X	X	I	O	ใบเนื้อหา Power Point	ลดจินตนาการและลด เวลาของผู้เรียน

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

เรื่องที่ 2 เซนเซอร์ตรวจวัดความดัน

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ใบ เนื้อหา	กระดาน ดำ	Power Point	แผ่น ใส	ชุด สาธิต	สื่อที่เลือกใช้	เหตุผลที่เลือก
1. บอกความหมายและรูปแบบของการวัดความดันได้	X	X	X	X	O	ใบเนื้อหา Power Point	เพื่อช่วยลดเวลาเรียน
2. บอกหน่วยที่ใช้ในการวัดความดันได้	X	X	X	X	O	ใบเนื้อหา Power Point	เพื่อช่วยลดเวลาเรียน
3. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของมาโนมิเตอร์แต่ละชนิดได้	X	X	X	X	X	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นการทำงานและ เสริมจินตนาการ
4. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของบูร์ดองแต่ละชนิดได้	X	X	X	X	X	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นการทำงานและ เสริมจินตนาการ
5. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของไดอะแฟรมได้	X	X	X	X	X	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นการทำงานและ เสริมจินตนาการ

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

เรื่องที่ 2 เซนเซอร์ตรวจวัดความดัน

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ใบ เนื้อหา	กระดาน ดำ	Power Point	แผ่น ใส	ชุด สาธิต	สื่อที่เลือกใช้	เหตุผลที่เลือก
6. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของเบลโลว์ได้	X	X	X	X	X	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นการทำงานและ เสริมจินตนาการ
7. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดความดันได้	X	X	X	I	O	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นความแตกต่าง อุปกรณ์แต่ละชนิด
8. เลือกใช้เซนเซอร์ตรวจวัดความดันให้เหมาะสมกับงานได้	X	X	X	I	O	ใบเนื้อหา Power Point	ลดจินตนาการและลด เวลาของผู้เรียน

ตารางที่ ก-4 (ต่อ)

เรื่องที่ 3 เซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ใบ เนื้อหา	กระดาน ดำ	Power Point	แผ่น ใส	ชุด สาธิต	สื่อที่เลือกใช้	เหตุผลที่เลือก
1. บอกความหมายของพรีอักษิมิตีเซนเซอร์ได้	X	X	X	X	O	ใบเนื้อหา Power Point	เพื่อช่วยลดเวลาเรียน
2. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของพรีอักษิมิตีเซนเซอร์แต่ละชนิดได้	X	X	X	X	X	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นภาพที่ชัดเจน และเสริมจินตนาการ
3. บอกรายละเอียดทางเทคนิคของพรีอักษิมิตีเซนเซอร์ได้	X	X	X	I	O	ใบเนื้อหา Power Point	เพื่อช่วยลดเวลาเรียน
4. บอกวิธีการติดตั้งพรีอักษิมิตีเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำและแบบเก็บประจุได้	X	X	X	I	O	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นภาพที่ชัดเจน และเสริมจินตนาการ
5. บอกวิธีการต่อใช้งานพรีอักษิมิตีเซนเซอร์ได้	X	X	X	I	I	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นการทำงานและ เสริมจินตนาการ

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

เรื่องที่ 3 เซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ใบ เนื้อหา	กระดาน ดำ	Power Point	แผ่น ใส	ชุด สาธิต	สื่อที่เลือกใช้	เหตุผลที่เลือก
6. บอกความหมายของเซนเซอร์ชนิดใช้แสงได้	X	X	X	X	O	ใบเนื้อหา Power Point	เพื่อช่วยลดเวลาเรียน
7. บอกชนิดของตัวรับและส่งแสงได้	X	X	X	I	O	ใบเนื้อหา Power Point	เพื่อช่วยลดเวลาเรียน
8. บอกเทคนิคในการรับส่งลำแสงได้	X	X	X	I	O	ใบเนื้อหา Power Point	เพื่อช่วยลดเวลาเรียน
9. อธิบายโครงสร้างของเซนเซอร์ชนิดรับส่งลำแสงได้	X	X	X	X	X	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นการทำงานและ ลดจินตนาการ
10. อธิบายหลักการทำงานของเซนเซอร์ชนิดใช้แสงแต่ละชนิดได้	X	X	X	X	I	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นการทำงานและ ลดจินตนาการ

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

เรื่องที่ 3 เซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ใบ เนื้อหา	กระดาน ดำ	Power Point	แผ่น ใส	ชุด สาธิต	สื่อที่เลือกใช้	เหตุผลที่เลือก
11. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจตำแหน่งและการเคลื่อนที่ได้	X	X	X	I	O	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นความแตกต่าง อุปกรณ์แต่ละชนิด
12. เลือกใช้เซนเซอร์ตรวจวัดตำแหน่งและการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมกับงานได้	X	X	X	I	O	ใบเนื้อหา Power Point	ลดจินตนาการและลด เวลาของผู้เรียน

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

เรื่องที่ 4 เซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหล

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ใบ เนื้อหา	กระดาน ดำ	Power Point	แผ่น ใส	ชุด สาธิต	สื่อที่เลือกใช้	เหตุผลที่เลือก
1. อธิบายธรรมชาติของของไหลได้	X	X	X	X	O	ใบเนื้อหา Power Point	เพื่อช่วยลดเวลาเรียน
2. อธิบายความแตกต่างระหว่างอัตราการไหลกับปริมาณการไหลได้	X	X	X	X	O	ใบเนื้อหา Power Point	เพื่อช่วยลดเวลาเรียน
3. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัด อัตราการไหลแบบจำกัดพื้นที่การไหล	X	X	X	X	X	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นการทำงานและ เสริมจินตนาการ
4. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของการวัดอัตราการไหล แบบโรตารี่ได้	X	X	X	X	X	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นการทำงานและ เสริมจินตนาการ
5. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของการวัดอัตราการไหล แบบอัลตราโซนิกได้	X	X	X	X	X	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นการทำงานและ เสริมจินตนาการ

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

เรื่องที่ 4 เซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหล

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ใบ เนื้อหา	กระดาน ดำ	Power Point	แผ่น ใส	ชุด สาธิต	สื่อที่เลือกใช้	เหตุผลที่เลือก
6. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดปริมาณการไหลแบบวัดปริมาตร	X	X	X	X	X	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นการทำงานและ เสริมจินตนาการ
7. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหลได้	X	X	X	I	O	ใบเนื้อหา Power Point	เห็นความแตกต่าง อุปกรณ์แต่ละชนิด
8. เลือกใช้เซนเซอร์เซนเซอร์ตรวจวัดการไหลและอัตราการไหลให้เหมาะสมกับงานได้	X	X	X	I	O	ใบเนื้อหา Power Point	ลดจินตนาการและลด เวลาของผู้เรียน

หมายเหตุ : ระดับความสำคัญของสื่อ

X คือ เหมาะสมมากที่สุด

I คือ เหมาะสมปานกลาง

O คือ เหมาะสมน้อยที่สุด

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P) และ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (D)

ผลการสรุปค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก

ผลการวิเคราะห์คะแนนการทดลองใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ ง-1 ผลการวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับ
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เรื่องที่	วัตถุประสงค์ข้อที่	ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
			คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5		
1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		2	0	+1	+1	+1	0	3	0.6
		3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		5	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
		6	+1	0	+1	+1	0	3	0.6
		7	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
		8	+1	+1	0	+1	0	3	0.6
		9	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8
	4	10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		12	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
		13	0	0	+1	+1	+1	3	0.6
		14	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
		15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
	5	16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		17	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8
		18	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8
		19	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		20	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		21	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
	6	22	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		23	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8

ตารางที่ ง-1 (ต่อ)

เรื่องที่	วัตถุประสงค์ ข้อที่	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
			คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5		
		24	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
		25	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		26	+1	+1	0	0	+1	3	0.6
		27	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
	7	28	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
		29	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		30	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
		31	+1	0	+1	+1	0	3	0.6
		32	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		33	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
	8	34	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
		35	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		36	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8
		37	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		38	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		39	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
	9	40	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8
		41	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8
		42	+1	+1	0	0	+1	3	0.6
	10	43	0	+1	+1	+1	0	3	0.6
		44	+1	0	0	+1	+1	3	0.6
		45	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8
2	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	46	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		47	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
		48	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8

ตารางที่ ง-1 (ต่อ)

เรื่องที่	วัตถุประสงค์ ข้อที่	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
			คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5		
	3	49	+1	+1	+1	0	0	3	0.6
		50	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		51	0	0	+1	+1	+1	3	0.6
		52	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8
		53	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8
		54	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		55	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		56	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
		57	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
	4	58	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
		59	+1	0	+1	0	+1	3	0.6
		60	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		61	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8
		62	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		63	0	+1	+1	+1	0	3	0.6
		64	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		65	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		66	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
	5	67	+1	0	+1	+1	0	3	0.6
		68	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
		69	+1	+1	0	+1	0	3	0.6
		70	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8
		71	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		72	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
	6	73	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
		74	0	0	+1	+1	+1	3	0.6

ตารางที่ ง-1 (ต่อ)

เรื่องที่	วัตถุประสงค์ ข้อที่	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
			คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5		
		75	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
		76	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		78	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		79	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8
	7	80	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8
		81	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		82	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
	8	83	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		84	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		85	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
3	1	86	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
		87	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		88	+1	+1	0	0	+1	3	0.6
	2	89	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
		90	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		91	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
		92	+1	0	+1	+1	0	3	0.6
		93	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		94	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
		95	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
		96	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		97	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8
	3	98	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		99	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		100	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
		101	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8

ตารางที่ ง-1 (ต่อ)

เรื่องที่	วัตถุประสงค์ ข้อที่	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
			คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5		
	4	102	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8
		103	+1	+1	0	0	+1	3	0.6
	5	104	0	+1	+1	+1	0	3	0.6
		105	+1	0	0	+1	+1	3	0.6
		106	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8
	6	107	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		108	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
		109	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
	7	110	+1	+1	+1	0	0	3	0.6
		111	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		112	0	0	+1	+1	+1	3	0.6
		113	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8
		114	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8
		115	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		116	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		117	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
		118	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
	8	119	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
		120	+1	0	+1	0	+1	3	0.6
		121	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
	9	122	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8
		123	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		124	0	+1	+1	+1	0	3	0.6
		125	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		126	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		127	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8

ตารางที่ ง-1 (ต่อ)

เรื่องที่	วัตถุประสงค์ ข้อที่	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
			คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5		
	10	128	+1	0	+1	+1	0	3	0.6
		129	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
		130	+1	+1	0	+1	0	3	0.6
		131	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8
		132	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		133	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
	11	134	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
		135	0	0	+1	+1	+1	3	0.6
		136	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
	12	137	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		138	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		139	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8
4	1	140	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8
		141	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		142	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
	2	143	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		144	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		145	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
	3	146	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
		147	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		148	+1	+1	0	0	+1	3	0.6
		149	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		150	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
		151	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		152	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
		153	+1	0	+1	+1	0	3	0.6

ตารางที่ ง-1 (ต่อ)

เรื่องที่	วัตถุประสงค์ ข้อที่	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
			คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5		
		154	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
	4	155	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
		156	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
		157	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		158	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8
		159	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		160	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
	5	161	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8
		162	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8
		163	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8
		164	+1	+1	0	0	+1	3	0.6
		165	0	+1	+1	+1	0	3	0.6
		166	+1	0	0	+1	+1	3	0.6
	6	167	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8
		168	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		169	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
		170	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
		171	+1	+1	+1	0	0	3	0.6
		172	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		173	0	0	+1	+1	+1	3	0.6
		174	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8
		175	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8
	7	176	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		177	+1	+1	+1	+1	+1	5	1
		178	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8
	8	179	+1	+1	+1	+1	+1	5	1

ตารางที่ ง-1 (ต่อ)

เรื่องที่	วัตถุประสงค์ ข้อที่	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IOC
			คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5		
		180	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8
$\sum x$			150	145	156	154	151	756	151.2
$\bar{x}$			0.83	0.81	0.87	0.86	0.84	0.84	0.84

ดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบ

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

เมื่อ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบ

$\sum R$ คือ ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

การแปลความหมายของการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมค่าดัชนีที่คำนวณได้มากกว่าหรือเทียบเท่ากับ 0.5 แสดงว่าข้อสอบวัดหรือเป็นตัวแทนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อนั้น ถ้าค่าดัชนีที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า 0.5 แสดงว่าข้อสอบไม่วัดหรือไม่เป็นตัวแทนวัตถุประสงค์ในข้อนั้น ๆ (บุญเชิด, 2527: 69)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านที่ประเมินข้อสอบทั้งหมด 180 ข้อ พบว่าดัชนีความสอดคล้องมีค่า ระหว่าง 0.6 – 1.00 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.84

ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบ
ข้อสอบจำนวน 180 ข้อ ผู้เข้าสอบจำนวน 40 คน

ตอนที่ 1: คุณภาพของแบบทดสอบ

ค่าความยาก (Difficulty) และ ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)					
ข้อ 1	0.35	0.45	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก	
ข้อ 2	0.50	0.09	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี	
ข้อ 3	0.58	0.09	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี	
ข้อ 4	0.40	0.27	ยากพอเหมาะ	จำแนกพอใช้	
ข้อ 5	0.30	0.36	ค่อนข้างยาก	จำแนกดี	
ข้อ 6	0.35	0.27	ค่อนข้างยาก	จำแนกพอใช้	
ข้อ 7	0.40	0.45	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก	
ข้อ 8	0.33	0.27	ค่อนข้างยาก	จำแนกพอใช้	
ข้อ 9	0.50	0.27	ยากพอเหมาะ	จำแนกพอใช้	
ข้อ 10	0.88	0.00	ง่ายมาก	จำแนกได้ไม่ดี	
ข้อ 11	0.75	-0.09	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ไม่ดี	
ข้อ 12	0.35	0.09	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ไม่ดี	
ข้อ 13	0.75	-0.09	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ไม่ดี	
ข้อ 14	0.33	0.09	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ไม่ดี	
ข้อ 15	0.33	0.00	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ไม่ดี	
ข้อ 16	0.33	0.00	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ไม่ดี	
ข้อ 17	0.35	0.00	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ไม่ดี	
ข้อ 18	0.50	0.09	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี	
ข้อ 19	0.55	0.00	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี	
ข้อ 20	0.68	0.00	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ไม่ดี	
ข้อ 21	0.53	-0.09	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี	
ข้อ 22	0.68	0.18	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ไม่ดี	
ข้อ 23	0.43	0.73	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก	
ข้อ 24	0.45	0.73	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก	
ข้อ 25	0.63	0.27	ค่อนข้างง่าย	จำแนกพอใช้	

ข้อ	26	0.65	0.36	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดี
ข้อ	27	0.45	0.45	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	28	0.53	0.55	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	29	0.70	0.55	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ	30	0.43	0.82	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	31	0.53	0.64	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	32	0.55	0.64	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	33	0.55	0.45	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	34	0.55	0.36	ยากพอเหมาะ	จำแนกดี
ข้อ	35	0.55	0.55	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	36	0.70	0.27	ค่อนข้างง่าย	จำแนกพอใช้
ข้อ	37	0.48	0.55	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	38	0.73	0.45	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ	39	0.50	0.55	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	40	0.65	0.36	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดี
ข้อ	41	0.53	0.45	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	42	0.55	0.64	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	43	0.60	0.36	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดี
ข้อ	44	0.50	0.45	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	45	0.53	0.64	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	46	0.55	0.55	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	47	0.55	0.82	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	48	0.50	0.45	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	49	0.45	0.73	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	50	0.40	0.45	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	51	0.55	0.36	ยากพอเหมาะ	จำแนกดี
ข้อ	52	0.55	0.64	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	53	0.58	0.27	ยากพอเหมาะ	จำแนกพอใช้
ข้อ	54	0.53	0.55	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	55	0.50	0.18	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี

ข้อ 56	0.48	0.55	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 57	0.68	0.09	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 58	0.63	0.09	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 59	0.48	0.91	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 60	0.58	0.45	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 61	0.68	0.64	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ 62	0.55	0.82	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 63	0.43	0.36	ยากพอเหมาะ	จำแนกดี
ข้อ 64	0.40	0.45	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 65	0.40	0.55	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 66	0.33	0.18	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 67	0.33	0.36	ค่อนข้างยาก	จำแนกดี
ข้อ 68	0.45	0.55	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 69	0.45	0.36	ยากพอเหมาะ	จำแนกดี
ข้อ 70	0.35	0.27	ค่อนข้างยาก	จำแนกพอใช้
ข้อ 71	0.40	0.64	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 72	0.45	0.09	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 73	0.23	0.36	ค่อนข้างยาก	จำแนกดี
ข้อ 74	0.38	0.18	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 75	0.45	0.73	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 76	0.43	0.27	ยากพอเหมาะ	จำแนกพอใช้
ข้อ 77	0.35	0.27	ค่อนข้างยาก	จำแนกพอใช้
ข้อ 78	0.40	0.73	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 79	0.33	0.36	ค่อนข้างยาก	จำแนกดี
ข้อ 80	0.33	0.18	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 81	0.48	0.27	ยากพอเหมาะ	จำแนกพอใช้
ข้อ 82	0.45	0.55	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 83	0.45	0.09	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 84	0.53	0.27	ยากพอเหมาะ	จำแนกพอใช้
ข้อ 85	0.58	0.09	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี

ข้อ 86	0.48	0.36	ยากพอเหมาะ	จำแนกดี
ข้อ 87	0.45	0.64	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 88	0.45	0.27	ยากพอเหมาะ	จำแนกพอใช้
ข้อ 89	0.45	0.27	ยากพอเหมาะ	จำแนกพอใช้
ข้อ 90	0.50	0.45	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 91	0.38	0.82	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ 92	0.55	-0.09	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 93	0.35	0.36	ค่อนข้างยาก	จำแนกดี
ข้อ 94	0.35	0.45	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ 95	0.43	0.64	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 96	0.38	0.55	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ 97	0.40	0.45	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 98	0.45	0.36	ยากพอเหมาะ	จำแนกดี
ข้อ 99	0.33	0.27	ค่อนข้างยาก	จำแนกพอใช้
ข้อ 100	0.45	0.45	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 101	0.25	0.55	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ 102	0.40	0.00	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 103	0.40	0.09	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 104	0.30	0.18	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 105	0.55	0.27	ยากพอเหมาะ	จำแนกพอใช้
ข้อ 106	0.40	0.64	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 107	0.53	0.09	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 108	0.35	0.27	ค่อนข้างยาก	จำแนกพอใช้
ข้อ 109	0.43	0.73	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ 110	0.48	-0.09	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 111	0.55	0.09	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 112	0.43	-0.18	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 113	0.40	-0.09	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 114	0.23	0.18	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ 115	0.45	0.55	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก

ข้อ	116	0.35	0.09	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ	117	0.33	0.18	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ	118	0.38	-0.09	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ	119	0.35	0.00	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ	120	0.55	0.09	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ	121	0.50	0.55	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	122	0.38	0.64	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	123	0.38	0.64	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	124	0.38	0.82	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	125	0.33	0.73	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	126	0.35	0.82	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	127	0.30	0.82	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	128	0.43	0.64	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	129	0.33	0.82	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	130	0.43	0.55	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	131	0.60	0.55	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ	132	0.48	0.64	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	133	0.65	0.27	ค่อนข้างง่าย	จำแนกพอใช้
ข้อ	134	0.48	0.73	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	135	0.50	0.73	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	136	0.43	0.91	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	137	0.40	0.91	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	138	0.45	0.91	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	139	0.40	0.91	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	140	0.53	0.73	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	141	0.53	0.09	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ	142	0.40	0.36	ยากพอเหมาะ	จำแนกดี
ข้อ	143	0.43	0.55	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	144	0.38	0.36	ค่อนข้างยาก	จำแนกดี
ข้อ	145	0.35	0.45	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก

ข้อ	146	0.50	0.18	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ	147	0.50	0.36	ยากพอเหมาะ	จำแนกดี
ข้อ	148	0.35	0.45	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	149	0.43	0.55	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	150	0.35	0.55	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	151	0.35	0.64	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	152	0.40	0.82	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	153	0.40	0.91	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	154	0.38	0.82	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	155	0.38	0.82	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	156	0.53	0.55	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	157	0.38	0.82	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	158	0.43	0.82	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	159	0.43	0.91	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	160	0.35	0.82	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	161	0.43	0.45	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	162	0.33	0.73	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	163	0.45	0.36	ยากพอเหมาะ	จำแนกดี
ข้อ	164	0.35	0.73	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	165	0.33	0.55	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	166	0.33	0.64	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	167	0.45	0.36	ยากพอเหมาะ	จำแนกดี
ข้อ	168	0.30	0.64	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	169	0.53	0.36	ยากพอเหมาะ	จำแนกดี
ข้อ	170	0.33	0.73	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	171	0.38	1.00	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ	172	0.40	0.73	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	173	0.50	0.73	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	174	0.40	0.91	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	175	0.40	0.73	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก

ข้อ	176	0.40	0.82	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	177	0.50	0.64	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	178	0.43	0.82	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	179	0.40	0.73	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ	180	0.35	0.27	ค่อนข้างยาก	จำแนกพอใช้

ข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์นำไปใช้ได้ คือ 1 4 5 6 7 8 9 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 56 59 60 61 62 63 64 65 67 68 69 70 71
73 75 76 77 78 79 81 82 84 86 87 88 89 90 91 93 94 95 96 97 98 99 100 101 105 106 108 109
115 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 142
143 144 145 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165
166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 จำนวน 139 ข้อ

ตารางที่ ง-2 ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเฉลี่ยของค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก แบบทดสอบ

	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าความเชื่อมั่น
ค่าต่ำสุด	0.25	0.27	(สูตร KR.20) = 0.969
ค่าสูงสุด	0.73	0.91	
ค่าเฉลี่ย	0.40	0.45	

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์คะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายบทและ
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอน

ตารางที่ จ-1 ผลการวิเคราะห์คะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายบทและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้สอบคนที่	คะแนนแบบทดสอบท้ายบท				คะแนน แบบทดสอบ ท้ายบท	คะแนน แบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์
	เรื่องที่ 1 เต็ม 13	เรื่องที่ 2 เต็ม 13	เรื่องที่ 3 เต็ม 18	เรื่องที่ 4 เต็ม 14	เต็ม 58	เต็ม 58
1	12	9	15	13	49	44
2	11	10	10	11	42	46
3	12	11	14	12	49	46
4	11	12	12	10	45	50
5	9	11	11	10	41	43
6	12	12	13	10	47	44
7	14	10	15	12	51	46
8	13	9	18	12	52	49
9	12	11	14	13	50	47
10	10	10	13	13	46	47
11	13	10	16	12	51	50
12	11	10	15	11	47	50
13	11	12	12	12	47	49
14	12	13	13	12	50	48
15	13	11	14	12	50	49
16	9	11	11	13	44	46
17	8	12	14	13	47	47
18	8	10	15	11	44	45
19	10	9	15	12	46	50
20	8	8	15	13	44	41
21	11	9	15	13	48	49
22	12	9	17	11	49	50

ตารางที่ จ-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนแบบทดสอบท้ายบท				คะแนน แบบทดสอบ ท้ายบท	คะแนน แบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์
	เรื่องที่ 1 เต็ม 13	เรื่องที่ 2 เต็ม 13	เรื่องที่ 3 เต็ม 18	เรื่องที่ 4 เต็ม 14	เต็ม 58	เต็ม 58
23	12	11	17	11	51	46
24	10	12	15	12	49	46
25	10	13	16	12	51	48
26	12	10	15	11	48	47
27	14	10	15	12	51	51
28	13	10	12	13	48	50
29	13	8	12	10	43	49
30	12	11	16	12	51	50
31	14	10	15	12	51	49
32	13	11	16	11	51	51
33	12	12	14	9	47	47
34	12	9	18	11	50	47
35	12	10	15	13	50	48
36	12	12	16	13	53	50
37	13	10	15	10	48	51
38	14	10	15	12	51	45
39	15	11	12	11	49	49
40	10	12	16	10	48	49
รวม	465	421	577	466	1929	1909
เฉลี่ย	11.63	10.53	14.43	11.65	48.23	47.73
ร้อยละ	89.42	80.96	80.14	83.21	83.15	82.28

การหาประสิทธิภาพของชุดการสอน

ประสิทธิภาพของกระบวนการที่วัดได้คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบท้ายบท (E_1)

$$\begin{aligned}\sum X &= \sum X_1 + \sum X_2 + \sum X_3 + \dots + \sum X_6 \\ &= 465 + 421 + 577 + 466\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \\ &= 13 + 13 + 18 + 14 \\ &= 58\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E_1 &= \frac{\left(\frac{\sum X}{N}\right)}{A} \times 100 \\ &= \frac{\left(\frac{1929}{40}\right)}{58} \times 100\end{aligned}$$

ประสิทธิภาพตัวแรก = 83.15 %

ประสิทธิภาพของผลลัพธ์คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (E_2)

จากตาราง ที่ จ-1

$$\sum F = 1909$$

$$N = 40$$

$$B = 58$$

$$\begin{aligned}E_2 &= \frac{\left(\frac{\sum F}{N}\right)}{B} \times 100 \\ &= \frac{\left(\frac{1909}{40}\right)}{58} \times 100\end{aligned}$$

ประสิทธิภาพตัวหลัง = 82.28 %

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย
และการเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
(ความก้าวหน้าทางการเรียน)

ตารางที่ น-1 คะแนนค่าร้อยละของผู้เรียนก่อนเรียน และหลังเรียน

ผู้สอบคนที่	คะแนน	ค่าร้อยละ	คะแนน	ค่าร้อยละ
(N)	ทดสอบก่อนเรียน (X_1)	(%)	ทดสอบหลังเรียน (X_2)	(%)
1	23	38.33	44	73.33
2	25	41.67	46	76.67
3	20	33.33	46	76.67
4	24	40.00	50	83.33
5	25	41.67	43	71.67
6	25	41.67	44	73.33
7	15	25.00	46	76.67
8	20	33.33	49	81.67
9	23	38.33	47	78.33
10	15	25.00	47	78.33
11	21	35.00	50	83.33
12	26	43.33	50	83.33
13	12	20.00	49	81.67
14	16	26.67	48	80.00
15	17	28.33	49	81.67
16	19	31.67	46	76.67
17	23	38.33	47	78.33
18	22	36.67	45	75.00
19	19	31.67	50	83.33
20	17	28.33	41	68.33
21	21	35.00	49	81.67
22	16	26.67	50	83.33
23	26	43.33	46	76.67
24	23	38.33	46	76.67
25	23	38.33	44	73.33

ตารางที่ น-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนน	ค่าร้อยละ	คะแนน	ค่าร้อยละ
(N)	ทดสอบก่อนเรียน (X_1)	(%)	ทดสอบหลังเรียน (X_2)	(%)
26	20	33.33	48	80.00
27	23	38.33	47	78.33
28	24	40.00	51	85.00
29	21	35.00	50	83.33
30	23	38.33	49	81.67
31	23	38.33	50	83.33
32	14	23.33	49	81.67
33	20	33.33	51	85.00
34	13	21.67	47	78.33
35	23	38.33	47	78.33
36	23	38.33	48	80.00
37	21	35.00	50	83.33
38	25	41.67	51	85.00
39	19	31.67	45	75.00
40	13	21.67	49	81.67
Σx	824	1373.33	1909	3181.67
$\bar{X}$	20.60	34.33	47.73	79.54

ตารางที่ จ-2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียน ของนักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยสูงและต่ำ โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ข้อมูล

Group Statistics

GPA		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ก่อนเรียน	สูง	19	20.84	4.127	.947
	ต่ำ	21	20.38	3.918	.855

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	99% Confidence Interval of the difference	
									Lower	Upper
ก่อนเรียน	Equal variances assumed	.002	.964	.362	38	.719	.46	1.272	-2.988	3.911
	Equal variances not assumed			.362	37.114	.720	.46	1.276	-3.002	3.924

ตารางที่ จ-3 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบหลังเรียน ของนักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยสูงและต่ำ โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ข้อมูล

Group Statistics

GPA		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
หลังเรียน	สูง	19	48.58	1.835	.421
	ต่ำ	21	46.95	2.559	.558

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	99% Confidence Interval of the difference	
									Lower	Upper
หลังเรียน	Equal variances assumed	1.732	.196	2.288	38	.028	1.63	.711	-.301	3.554
	Equal variances not assumed			2.326	36.204	.026	1.63	.699	-.275	3.528

ตารางที่ จ-4 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลต่างคะแนนทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน
ของนักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยสูงและต่ำ โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ข้อมูล

Group Statistics

GPA		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ผลต่าง	สูง	19	27.74	4.495	1.031
	ต่ำ	21	26.57	4.915	1.073

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	99% Confidence Interval of the difference	
									Lower	Upper
ผลต่าง	Equal variances assumed	.227	.602	.780	38	.440	1.17	1.495	-2.888	5.218
	Equal variances not assumed			.783	37.993	.438	1.17	1.488	-2.869	5.200

สมมติฐานทางสถิติ

1. $H_0 = \mu_1 = \mu_2$ (ค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนและหลังเรียนและผลต่างของคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยสูงและต่ำไม่แตกต่างกัน)
2. $H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$ (ค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนและหลังเรียนและผลต่างของคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยสูงและต่ำแตกต่างกัน)

จากตารางที่ น-2

P (ความน่าจะเป็น) = .719 , α (ระดับนัยสำคัญ) = .01 ดังนั้น ค่า P มากกว่า α (เท่ากับไม่ Sig.) จึงยอมรับ H_0

จากตารางที่ น-3

P (ความน่าจะเป็น) = .028 , α (ระดับนัยสำคัญ) = .01 ดังนั้น ค่า P มากกว่า α (เท่ากับไม่ Sig.) จึงยอมรับ H_0

จากตารางที่ น-4

P (ความน่าจะเป็น) = .440 , α (ระดับนัยสำคัญ) = .01 ดังนั้น ค่า P มากกว่า α (เท่ากับไม่ Sig.) จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนและหลังเรียนและผลต่างของคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยสูง และต่ำไม่แตกต่างกัน อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ภาคผนวก ข

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอน
หนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอน
แบบประเมินชุดการสอน

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอน

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1. อาจารย์วิรัตน์ อัสวานวัตร | ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 2. อาจารย์ณิวัติ สุขศิริสันต์ | ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 3. อาจารย์ทง ลานธารทอง | แผนกช่างไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
วิทยาเขตพระนครเหนือ |
| 4. อาจารย์จักรพันธ์ เต้ยอินดี | แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง
โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ขส.ทบ. |
| 5. คุณเกรียง คุปตรัตน์ | สำนักพัฒนาเทคนิคศึกษา
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |

ที่ ศธ 0525.3(2)/109



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

10 พฤศจิกายน 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอนเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

เรียน คุณเกรียง กุปรัตน์

ด้วยนายรัชภูมิ ศรีภูธร นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตวงษ์ เป็นประธานกรรมการ และ อ.ดร.มานิตย์ สิริพิชัย เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ประเมินชุดการสอน เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวัญ)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ที่ ศธ 0525.3(2)/109



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

10 พฤศจิกายน 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอนเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

เรียน อาจารย์ทง ลานธารทอง

ด้วยนายรัชภูมิ ศรีภูธร นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตวงษ์ เป็นประธานกรรมการ และ อ.ดร.มานิตย์ สิริพิชัย เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ประเมินชุดการสอน เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวงษ์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ที่ ศร 0525.3(2)/109



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

10 พฤศจิกายน 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอนเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

เรียน อาจารย์นิติ สุขศิริสันต์

ด้วยนายรัชภูมิ ศรีภูธร นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตวงษ์ เป็นประธานกรรมการ และ อ.ดร.มานิตย์ สิริธิชัย เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ประเมินชุดการสอน เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวรงค์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ที่ ศธ 0525.3(2)/109



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

10 พฤศจิกายน 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอนเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

เรียน อาจารย์วรัญญู อัสวานวัตร

ด้วยนายรัชภูมิ ศรีภูธร นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตวงษ์ เป็นประธานกรรมการ และ อ.ดร.มานิตย์ สิริพิชัย เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ประเมินชุดการสอน เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวัญ)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ที่ ศธ 0525.3(2)/109



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

10 พฤศจิกายน 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอนเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์

เรียน อาจารย์จักรพันธ์ แต้ยืนดี

ด้วยนายรัชภูมิ ศรีภูธร นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตวงษ์ เป็นประธานกรรมการ และ อ.ดร.มานิตย์ สิทธิชัย เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ประเมินชุดการสอน เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ขจร อินวัญ)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
โทร/โทรสาร 0-2587-8255

แบบประเมินชุดการสอน

แบบประเมินชุดการสอนนี้ เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน เรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของผู้ตอบแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอนและข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

- ด้านแผนการสอน
- ด้านใบเนื้อหา
- ด้านแบบทดสอบหลังเรียน
- ด้านแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
- ด้านสื่อการสอน (ชุดสาธิต , ชุดนำเสนอสื่อการสอนเพาเวอร์พอยด์)

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของผู้ตอบแบบประเมิน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย “/” ลงในวงเล็บหน้าข้อความที่ตรงกับความจริง

1. ระดับการศึกษา	(...) ปริญญาตรี หรือเทียบเท่า (...) ปริญญาโท หรือเทียบเท่า (...) ปริญญาเอก หรือเทียบเท่า (...) อื่นๆ โปรดระบุ.....
2. ประสบการณ์ในการสอน	(...) 5-10 ปี (...) มากกว่า 10 ปี แต่ไม่เกิน 15 ปี (...) มากกว่า 15 ปี
3. วิชาสอนที่เกี่ยวข้อง	(...) เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม (...) เซนเซอร์ทรานสดิวเซอร์ (...) โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ (...) อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม (...) วิชาอื่นๆ โปรดระบุ.....

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอนและข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อชุดการสอน เรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง โดยพิจารณาข้อความในแต่ละข้อแล้วทำเครื่องหมาย “/” ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ระดับความคิดเห็น

- 5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด
- 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก
- 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง
- 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย
- 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

ข้อที่	คำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
	<u>ด้านแผนการสอน</u>					
1	รูปแบบแผนการสอนศึกษาเข้าใจง่าย	...	...	...	...	...
2	การกำหนดวัตถุประสงค์ชัดเจน	...	...	...	...	...
3	กำหนดกลยุทธ์ในการสอนชัดเจน	...	...	...	...	...
4	กำหนดรูปแบบการสอนชัดเจน	...	...	...	...	...
5	กำหนดรายละเอียดของเนื้อหาชัดเจน	...	...	...	...	...
6	นำไปปฏิบัติตามแผนการสอนได้	...	...	...	...	...

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อที่	คำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
	<u>ด้านใบเนื้อหา</u>					
1	เนื้อตรงตามวัตถุประสงค์ของรายวิชา	...	...	...	...	...
2	เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	...	...	...	...	...
3	การเรียงลำดับเนื้อหาเหมาะสม	...	...	...	...	...
4	ภาพประกอบมีความสัมพันธ์กับเนื้อหา	...	...	...	...	...
5	ภาพประกอบมีความชัดเจนเหมาะสม	...	...	...	...	...
6	เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับ	...	...	...	...	...
7	เนื้อหามีความถูกต้อง	...	...	...	...	...
8	การจัดรูปแบบของเนื้อหาเหมาะสม	...	...	...	...	...

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

.....

.....

.....

ข้อที่	คำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
	<u>ด้านแบบทดสอบ(หลังเรียน)</u>					
1	ออกข้อสอบตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	...	...	...	...	...
2	จำนวนข้อสอบเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	...	...	...	...	...
3	คำถามและคำตอบมีเป้าหมายที่ชัดเจน	...	...	...	...	...
4	คำถามชัดเจนไม่คลุมเครือ	...	...	...	...	...
5	คำถามมีความยากง่ายเหมาะสม	...	...	...	...	...
6	คำตอบมีความลวงเพียงพอ	...	...	...	...	...

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

.....

.....

ข้อที่	คำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
	<u>ด้านแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์</u>					
1	คำถามตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	...	...	...	...	...
2	จำนวนข้อสอบเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	...	...	...	...	...
3	คำถามและคำตอบมีเป้าหมายที่ชัดเจน	...	...	...	...	...
4	คำถามชัดเจนไม่คลุมเครือ	...	...	...	...	...
5	คำถามมีความยากง่ายเหมาะสม	...	...	...	...	...
6	คำตอบมีตัวลวงเพียงพอ	...	...	...	...	...

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

.....

.....

.....

ข้อที่	คำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
	<u>ด้านสื่อการสอน (การนำชุดสาธิตมาใช้)</u>					
1	มีขนาดเหมาะสมเห็นการสาธิตได้ชัดเจน	...	...	...	...	...
2	ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายและรวดเร็ว	...	...	...	...	...
3	การใช้งานสะดวกและปลอดภัย	...	...	...	...	...
4	วัสดุที่ใช้ผลิตอุปกรณ์ที่มีอยู่ทั่วไปและหาซื้อง่าย	...	...	...	...	...
5	มีความเหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์การสอน	...	...	...	...	...

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

.....

.....

.....

ข้อที่	คำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
	<u>ด้านด้านการสอน (นำเสนอด้วย Power Point)</u>					
1	มีขนาดเหมาะสมกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์	...	...	...	...	...
2	ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายและรวดเร็ว	...	...	...	...	...
3	วงจรและตัวอักษรมีขนาดเหมาะสมกับมาตรฐาน	...	...	...	...	...
4	การเรียงลำดับของแต่ละวัตถุประสงค์มีความสัมพันธ์กัน	...	...	...	...	...
5	ภาพประกอบมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาอย่างเหมาะสม	...	...	...	...	...
6	สีที่ใช้มีความน่าสนใจและชัดเจน	...	...	...	...	...

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ประเมิน

...../...../.....

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างคู่มือครู

ตัวอย่างแผนการสอน

ตัวอย่างแบบทดสอบท้ายบท

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



คู่มือครู

เรื่อง เซนเซอร์ วิชาการระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

(3104 – 2007)

โดย

รัชภูมิ ศรีภูธร

คำแนะนำการใช้ชุดการสอน

1. ส่วนประกอบของชุดการสอน

1.1 คู่มือครู

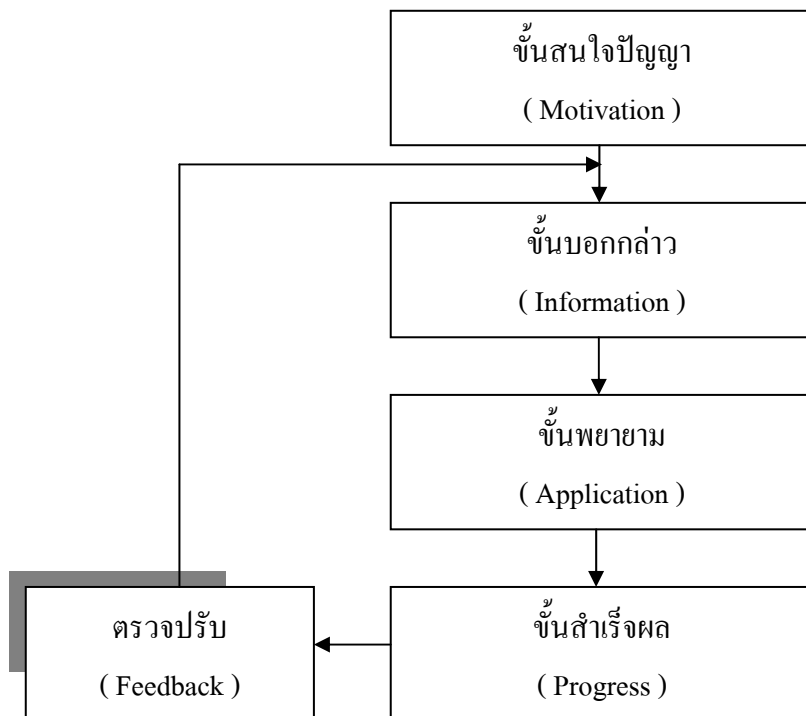
- หลักสูตรรายวิชา
- แผนการสอน
 - วัตถุประสงค์การสอน
 - แบบร่างกระดานดำ
 - ใบเนื้อหา
 - ใบรายการถามตอบ
 - แบบทดสอบหลังเรียนพร้อมเฉลย
 - แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพร้อมเฉลย

1.2 สื่อการเรียนการสอน

- ชุดสาริต
- สื่อการสอนนำเสนอโดยเพาเวอร์พอยต์

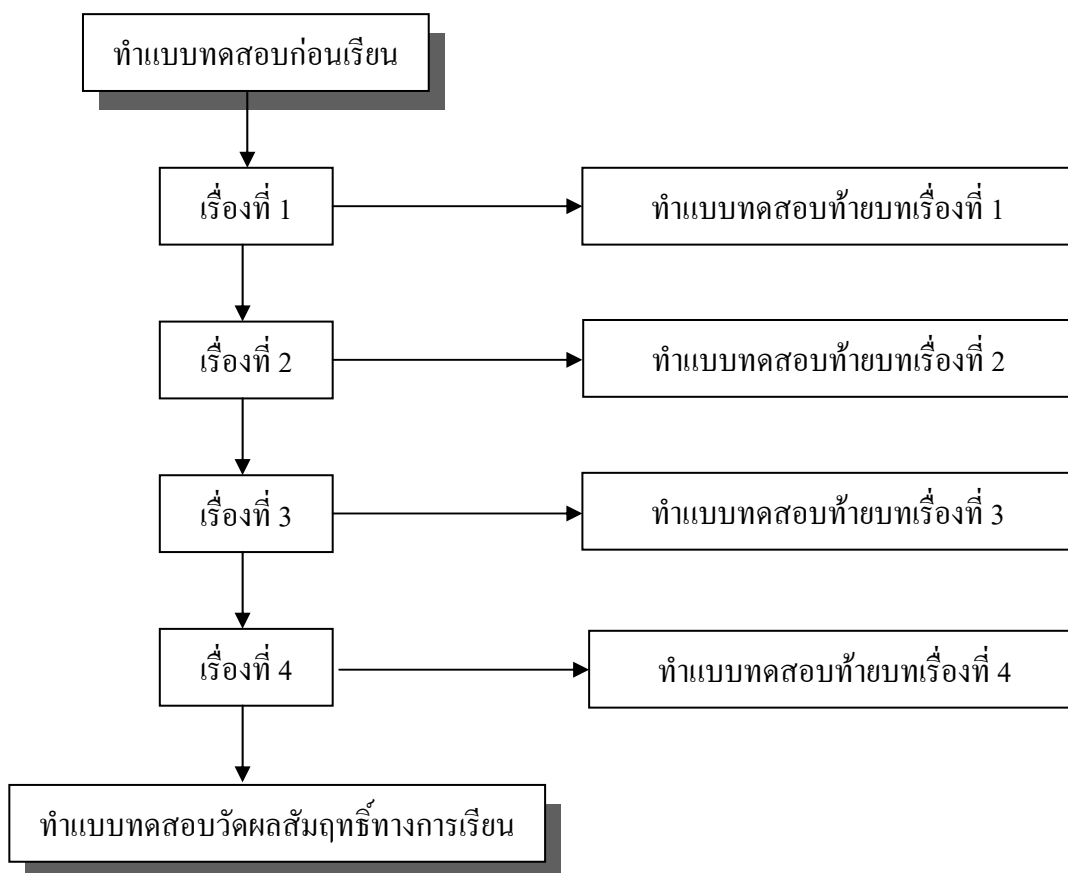
2. การดำเนินการสอน

กลยุทธ์ในการสอนมีขั้นตอนดังนี้



2.1 ผู้สอนต้องศึกษาใบเนื้อหา วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม วิธีการสอนและการใช้ชุด
สาริตให้เข้าใจอย่างดี

2.2 ผู้สอนดำเนินการสอนไปตามแผนการที่กำหนดไว้ และตามขั้นตอนดังนี้



2.3 เมื่อสอนจบในแต่ละหัวเรื่อง ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนซึ่งเป็นแบบปรนัย
4 ตัวเลือก ทุกเรื่องและต้องทำการตรวจปรับนักศึกษาด้วย

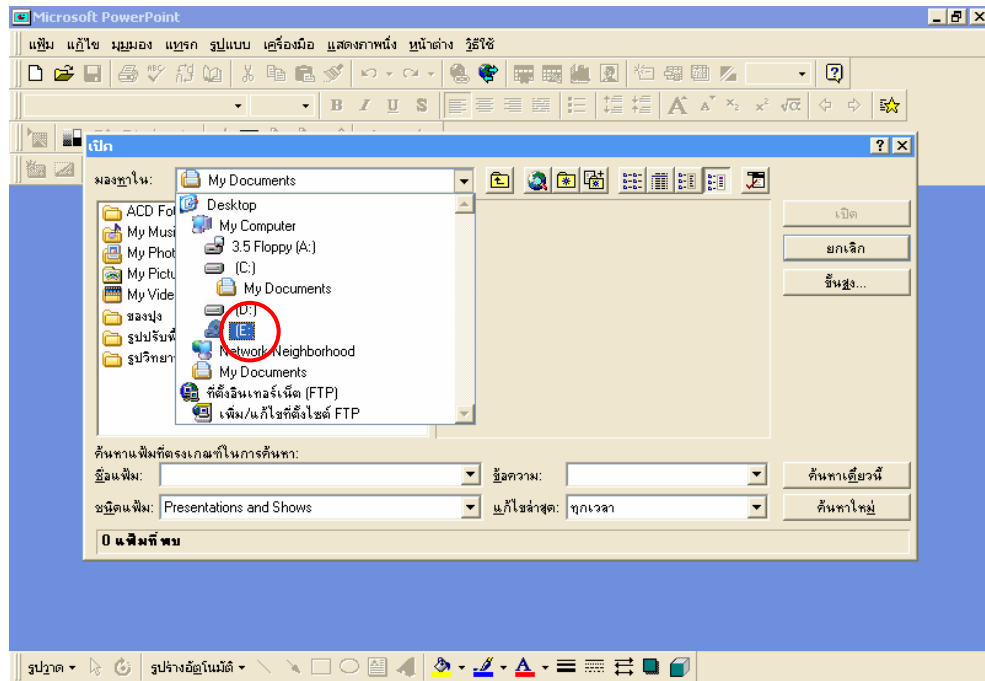
3. การประเมินผล

เมื่อครูผู้สอนได้ดำเนินการสอนครบ 4 หัวเรื่องแล้ว ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 58 ข้อ ใช้เวลา 120 นาที

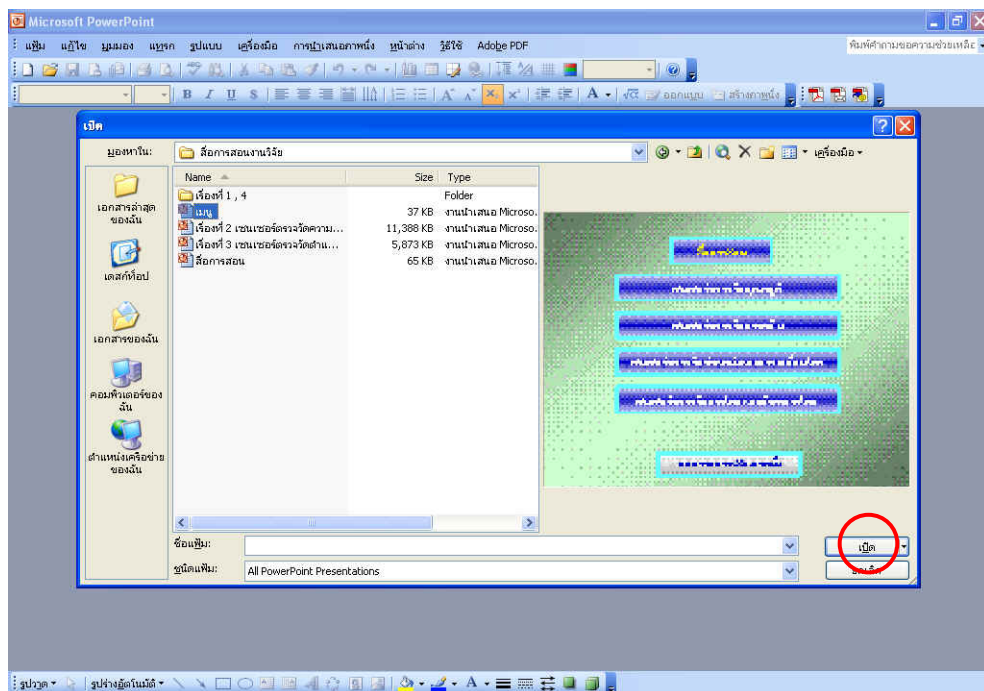
4. คำแนะนำการใช้สื่อการนำเสนอโดยเพาเวอร์พอยต์

หมายเหตุ : ใช้กับโปรแกรม Windows ทุกรุ่น 97 ,98 ,2000 หรือ Windows Xp

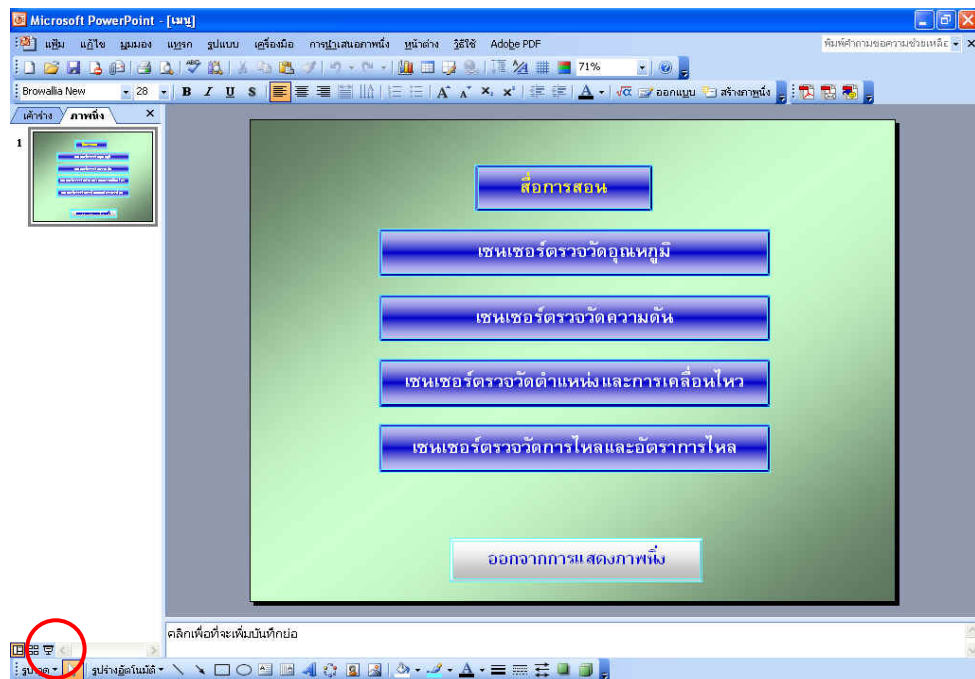
4.1 เปิดโปรแกรม Microsoft PowerPoint แล้วเปิดเพิ่มข้อมูลหาไคร์ฟ (E:) ซึ่งเป็นที่เก็บข้อมูลข้อสื่อการสอนดังภาพ



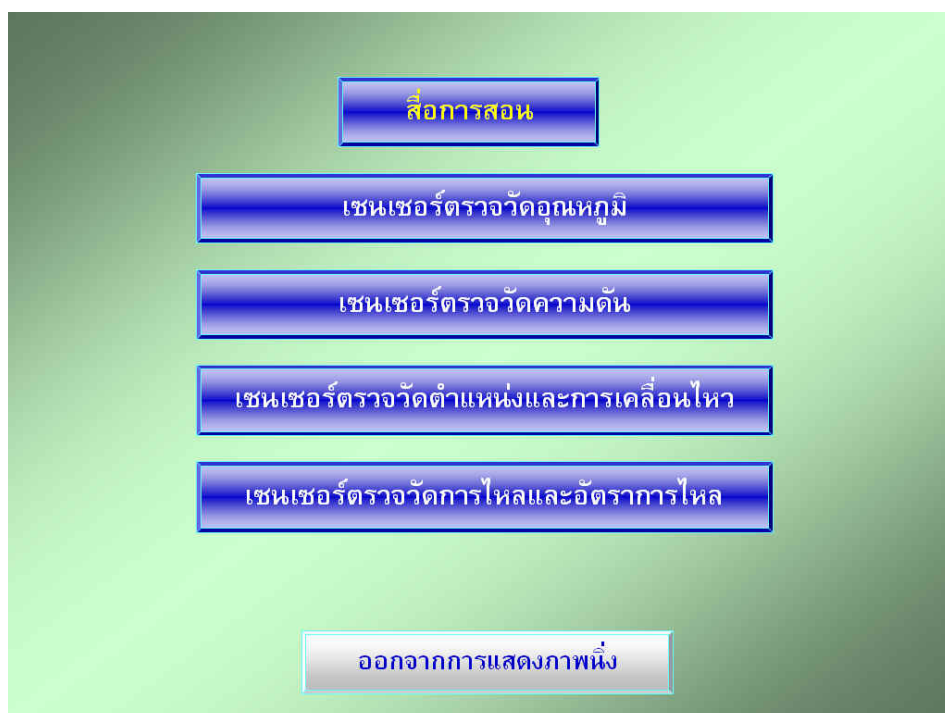
4.2 เลือกไฟล์คอร์ที่เป็นสื่อการสอนงานวิจัย ซึ่งจะมีเนื้อหาที่เป็นสื่อการเรียนการสอน ทั้ง 4 หัวเรื่อง



4.3 คลิกตรงปุ่มเปิดข้อมูลจะได้หน้าจอ ดังภาพ (ก) และคลิกเลือกหัวข้อการนำเสนอ จะปรากฏข้อมูลที่ต้องการนำเสนอ ดังภาพ (ข)



(ก)



แผนการสอน	โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ขส.ทบ.	
วิชา ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม	รหัส ๓๑๐๔-๒๐๐๓	ชั้น ปวส. ๑
เรื่อง เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	เรื่องที่ ๑	เวลาสอน ๑๐๐ นาที

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

การประเมินผล

ผู้เรียนควรมีความสามารถดังนี้

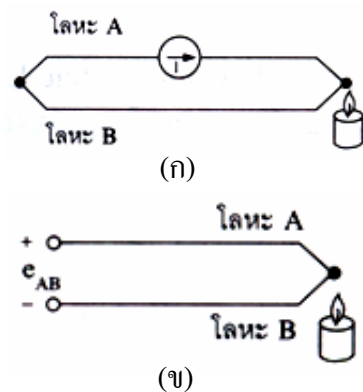
ระบุในแบบทดสอบหลังบทเรียน

- | | |
|--|-------|
| ๑. บอกความหมายของการวัดอุณหภูมิได้ | - |
| ๒. บอกชื่อหน่วยวัดอุณหภูมิได้ | - |
| ๓. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของ อาร์.ที.ดี ได้ | ๑,๒,๓ |
| ๔. บอกวิธีการต่อวงจรของอาร์.ที.ดี ในการใช้งานได้ | ๔ |
| ๕. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของเทอร์มิสเตอร์ได้ | ๕,๖ |
| ๖. บอกวิธีการต่อวงจรของเทอร์มิสเตอร์ในการใช้งานได้ | ๗,๘ |
| ๗. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของเทอร์โมคัปเปิลได้ | ๙ |
| ๘. บอกวิธีการต่อวงจรของเทอร์โมคัปเปิลในการใช้งานได้ | ๑๐,๑๑ |
| ๙. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิได้ | ๑๒ |
| ๑๐. เลือกชนิดของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิให้เหมาะสมกับงานได้ | ๑๓ |

ความรู้พื้นฐาน

- เครื่องวัดไฟฟ้า

การนำเข้าสู่บทเรียน



คำถาม จากภาพ (ก) ถ้าให้ความร้อนที่ปลายเส้นลวดทั้งสองจะมีอะไรเกิดขึ้น

คำตอบ มีความร้อนเกิดขึ้น และจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรเส้นลวดทั้งสอง

คำถาม จากภาพ (ข) ถ้าเปิดปลายอีกด้านหนึ่งออก และให้ความร้อนที่ขดลวดเหมือนเดิม จะมีอะไรเกิดขึ้น

คำตอบ จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นที่ปลายด้านที่เปิด หรือ “แรงดันไฟฟ้า” หรือ ไม่ทราบ

สรุป วันนี้เราจะมาเรียนเรื่องเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ และการนำไปประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรม

หมายเหตุ ควรศึกษาคู่่มือการใช้สื่อ และทำการทดลองให้มีความชำนาญ ก่อนนำไปใช้

ตารางปฏิบัติงาน

เวลา (นาทีก)		๑๐		๒๐		๓๐		๔๐		๕๐		๖๐		๗๐		๘๐		๙๐		๑๐๐	
วัตถุประสงค์		๑ - ๒		๓ - ๔		๕ - ๖		๗ - ๘		๙		๑๐		๑ - ๑๐							
ขั้นสนใจปัญหา (M)																					
ขั้นบอกกล่าว (I)	บรรยาย																				
	ถาม-ตอบ																				
	ชี้ทาง																				
	สรุป																				
ขั้นพยายาม (A)	แบบลอกเลียน																				
	แบบทดสอบ																				
	แบบส่งถ่ายความรู้																				
ขั้นสำเร็จผล(P)																					
ระดับกิจกรรม ของผู้เรียน	สูง																				
	ปานกลาง																				
	ต่ำ																				
สิ่งสนับสนุน การเรียนการสอน	กระดานดำ-ชอล์ก																				
	เพาเวอร์พอยต์																				
	แผ่นภาพ/แผ่นใส																				
	ใบเนื้อหา																				
	แบบทดสอบ																				
	ของจริง/ตัวอย่าง																				
	อุปกรณ์การทดลอง																				

เอกสารประกอบ

๑. แบบร่างกระดาน
๒. ใบเนื้อหา
๓. ใบรายการถามตอบ
๔. แบบทดสอบหลังเรียน
๕. ใบเฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

แบบร่างกระดานดำเรื่อง เซนเซอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

เรื่อง เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

1.1 การวัดอุณหภูมิ (Temperature)

การวัดอุณหภูมิ คือการเปรียบเทียบระดับความร้อนที่ต้องการทราบ
ค่ากับระดับความร้อนอ้างอิง

อุณหภูมิ คือ การวัดหรือการบ่งชี้ถึงระดับพลังงานจลน์เฉลี่ย
(average kinetic energy)

1.2 หน่วยวัดอุณหภูมิ

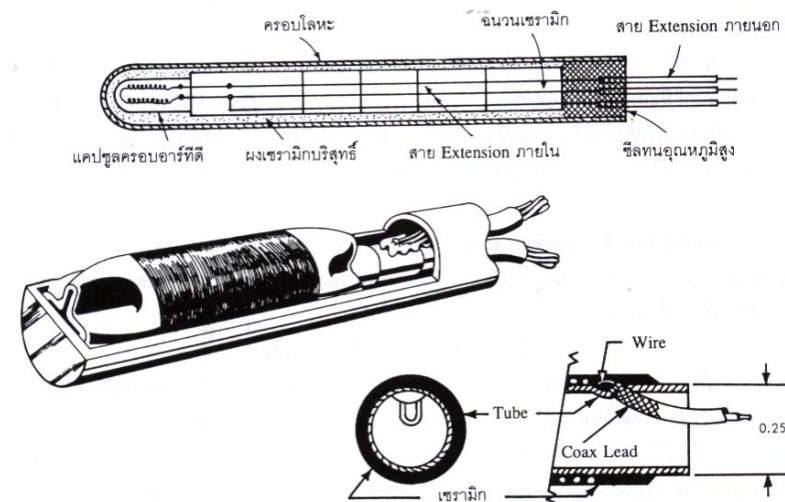
หน่วยการวัดของอุณหภูมิมียู่ 3 หน่วยการวัด ที่สำคัญ คือ
เซลเซียส (Celsius) เคลวิน (Kelvin) และ ฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit)

1.3 อาร์ทีดี (RTD)

1.3.1 ความหมายของอาร์ทีดี

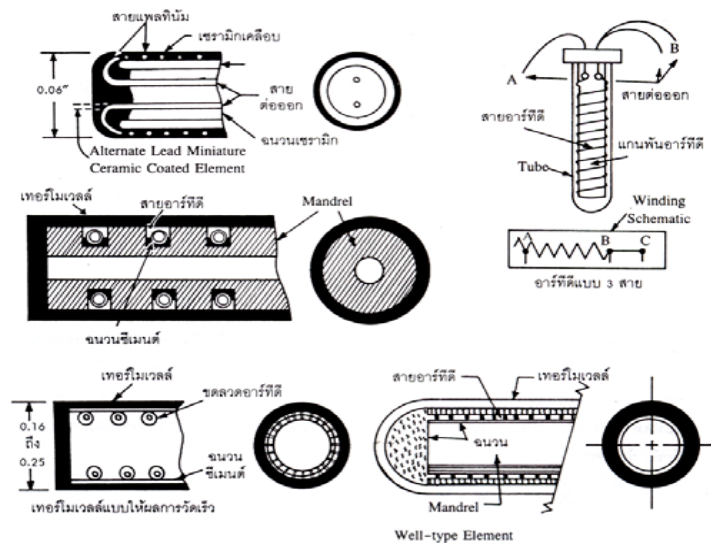
RTD เป็นคำที่ย่อมาจาก Resistance Temperature Detector
เป็นเซนเซอร์ตรวจวัด อุณหภูมิที่นำเอาคุณสมบัติพื้นฐานของความสัมพันธ์
ระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้าของวัสดุตัวนำกับอุณหภูมิมาประยุกต์ใช้งาน

1.3.2 โครงสร้างของอาร์ทีดี



(ก)

เรื่อง เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

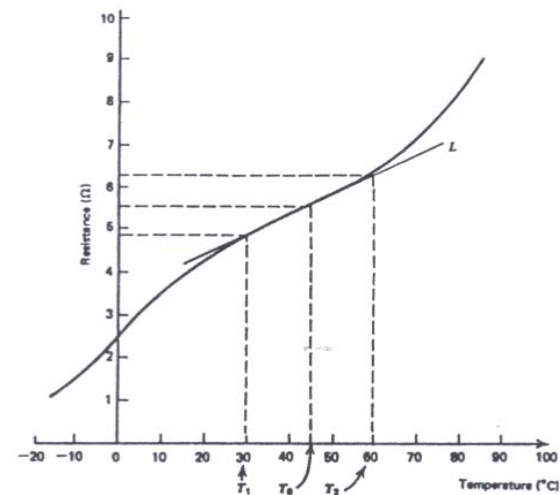


(ข)

ภาพที่ 1.1 ทั้ง ก และ ข เป็นภาพตัด
และขยายให้เห็น โครงสร้างของอาร์ทีดี

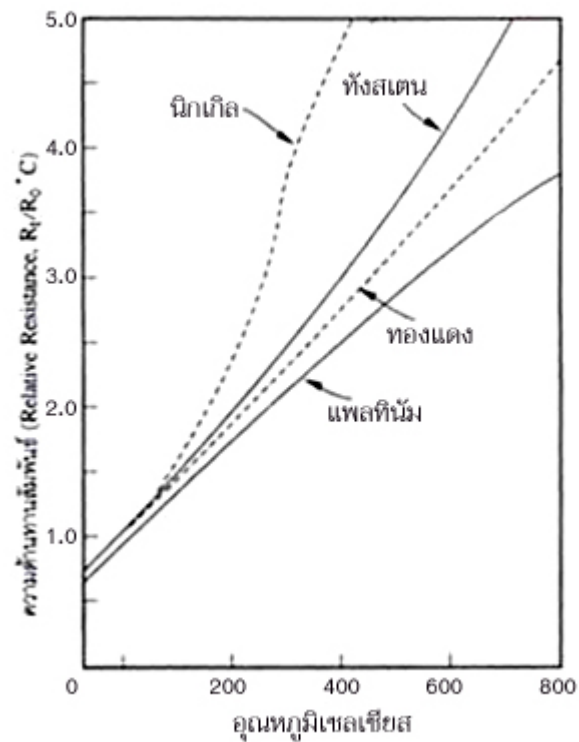
1.3.3 หลักการทำงานของอาร์ทีดี

เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานทางไฟฟ้า และค่าความต้านทานจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิ แสดงได้ดังภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและอุณหภูมิ

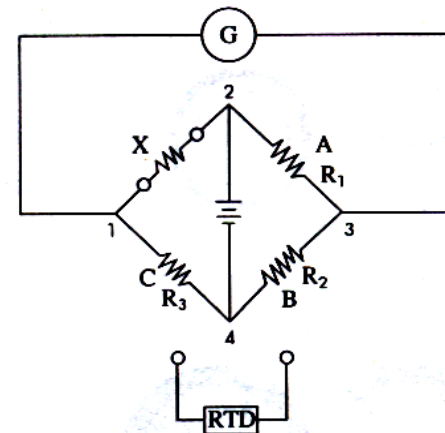
เรื่อง เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 1.3 อัตราส่วนความต้านทานของโลหะที่ใช้ทำอาร์ทีดี
เทียบกับค่าความต้านทานที่ 0°C

1.3.4 วงจรการต่อใช้งานของอาร์ทีดี

1.3.4.1 การต่ออาร์ทีดี แบบ 2 สาย

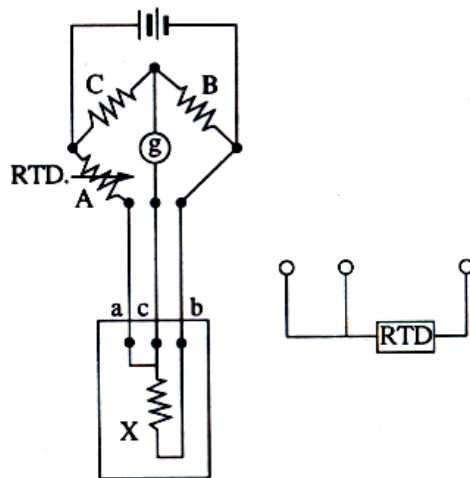


ภาพที่ 1.4 การต่ออาร์ทีดีแบบ 2 สาย

การต่อแบบนี้จะใช้กับ อาร์ทีดี ที่มี 2 ขั้วและใช้สายต่อวัดสั้นๆ การต่อแบบนี้จึงเหมาะสำหรับการวัดที่ไม่ต้องการความถูกต้องสูง

เรื่อง เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

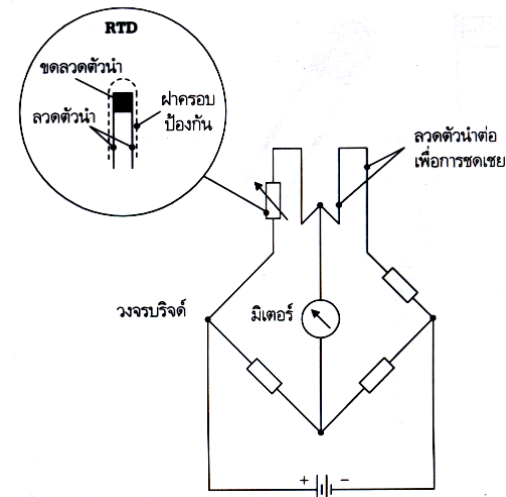
1.3.4.2 การต่ออาร์ทีดี แบบ 3 สาย



ภาพที่ 1.5 การต่ออาร์ทีดีแบบ 3 สาย

เป็นแบบมาตรฐานนิยมใช้มากที่สุด สายทั้งสามที่ต่อเข้าวงจรบริดจ์จะต้องมีขนาดความยาวเท่ากันและอยู่ในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิเดียวกันตลอด เพื่อให้ค่าความต้านทานของทั้งสามสายเปลี่ยนแปลงไปในขนาดและทิศทางเดียวกัน

1.3.4.3 การต่ออาร์ทีดี แบบ 4 สาย



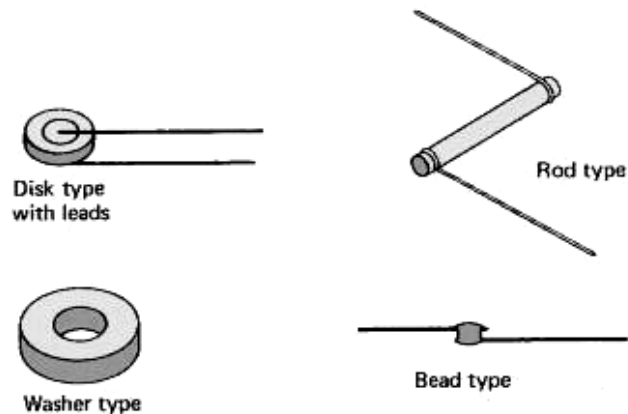
ภาพที่ 1.6 การต่ออาร์ทีดีแบบ 4 สาย

การต่อแบบ 4 สาย เป็นแบบที่เลื่อนจุดต่อของบริดจ์ ไปอยู่ภายนอกสายที่ต่อจากอาร์ทีดีทั้ง 4 เส้น จะต้องมีขนาด ความยาวเท่ากันและอยู่ในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิเดียวกัน การต่อแบบนี้จะใช้สายชดเชย เพื่อความต้านทานให้สมดุลกัน

เรื่อง เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

1.4 เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)

1.4.1 โครงสร้างของเทอร์มิสเตอร์

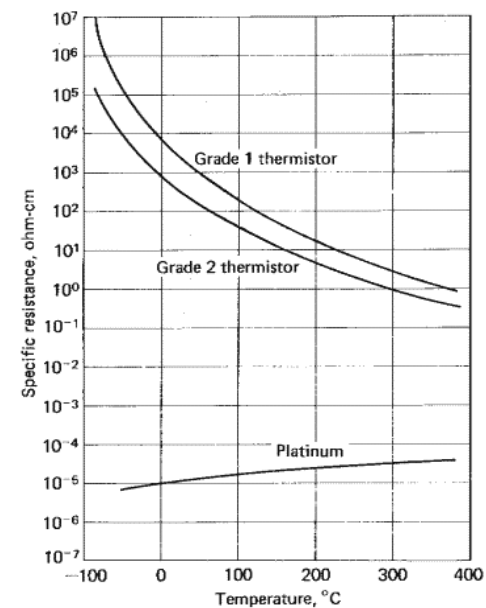


ภาพที่ 1.7 โครงสร้างของเทอร์มิสเตอร์รูปแบบต่างๆ

เทอร์มิสเตอร์ ทำมาจากวัสดุประเภทสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ซึ่งเป็นโลหะผสมระหว่างทองแดงกับโลหะออกไซด์ เช่น แมงกานีส นิกเกิล เป็นต้น โดยมีรูปร่างต่างๆ ตามภาพที่ 1.7

1.4.2 หลักการทำงานของเทอร์มิสเตอร์

อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเช่นเดียวกับ RTD แต่ต่างจาก RTD ก็คือ ค่าความต้านทานจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งเกิดจากคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำนั่นเอง

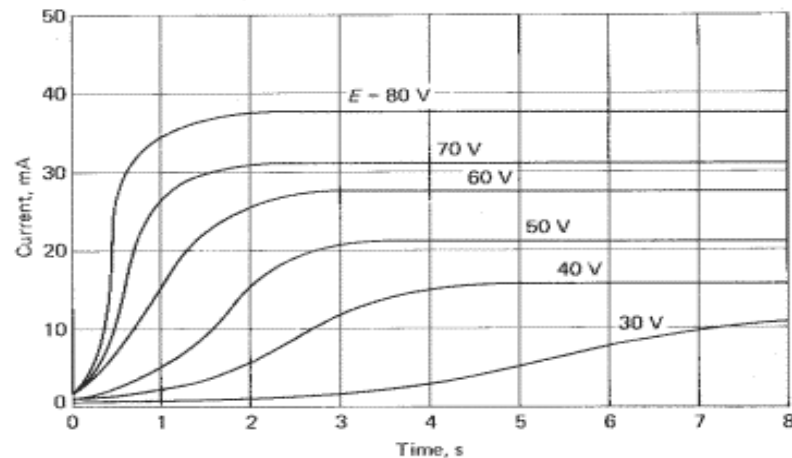


ภาพที่ 1.8 คุณสมบัติของ เทอร์มิสเตอร์ เปรียบเทียบกับ RTD ชนิดที่ทำมาจากแพลตินัม (Platinum)

เรื่อง เซนเซอร์ตรวจสอบอุณหภูมิ

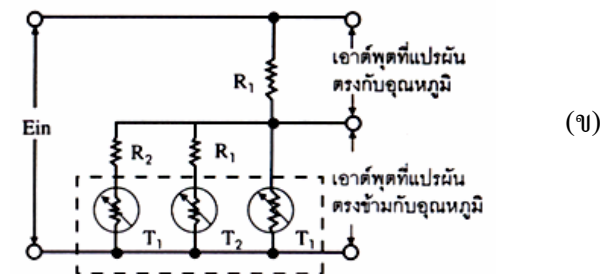
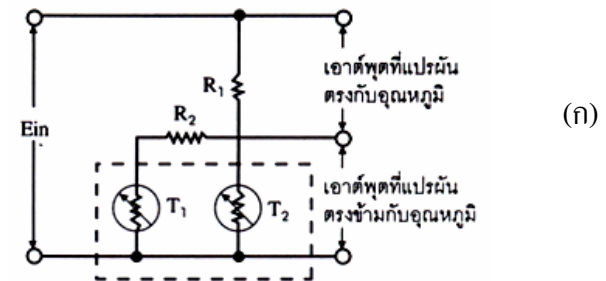
1.4.3 วงจรการต่อใช้งานของเทอร์มิสเตอร์

เมื่อต่อเทอร์มิสเตอร์ร่วมกับวงจรไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่ตัวมันจะเพิ่มขึ้นตามกระแสไหลผ่าน แต่เมื่อถึงจุดๆ หนึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมนี้จะลดในขณะที่กระแสก็ยิ่งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ



ภาพที่ 1.9 คุณลักษณะของกระแสกับเวลาของเทอร์มิสเตอร์

การใช้เทอร์มิสเตอร์ต่อร่วมกับวงจรแบ่งแรงดัน (voltage divider) และสายที่ใช้ต่อจาก เทอร์มิสเตอร์มายังวงจรก็ไม่มีส่วนสร้างความผิดพลาดในการวัดเหมือนกับ RTD



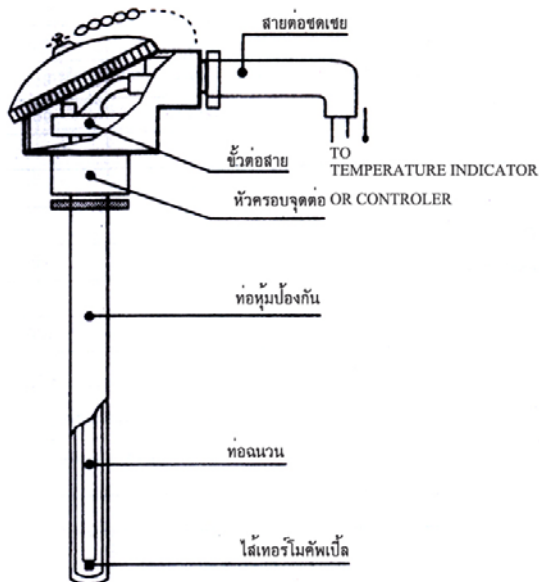
ภาพที่ 1.10 ภาพ ก และ ข เป็นภาพการต่อเทอร์มิสเตอร์กับวงจรแบ่งแรงดัน

เรื่อง เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

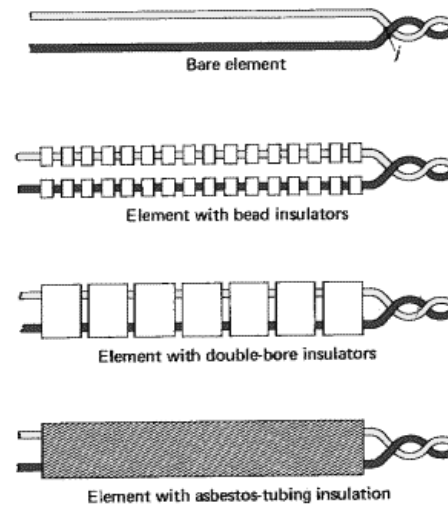
1.5 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

1.5.1 โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล

ประกอบด้วยเส้นลวดโลหะต่างชนิดกันสองเส้นต่อเข้าด้วยกันที่ปลายข้างหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะถูกนำไปต่อใช้งาน ปลายของเส้นลวดที่ต่อเข้าด้วยกันนี้เรียกว่า hot junction ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งเรียกว่า cold junction



ภาพที่ 1.11 โครงสร้างและส่วนประกอบของเทอร์โมคัปเปิล

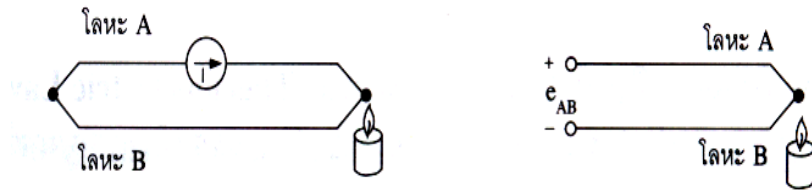


ภาพที่ 1.12 การเชื่อมต่อและฉนวนที่ใช้ในเทอร์โมคัปเปิลแบบต่างๆ

1.5.2 หลักการทำงานของเทอร์โมคัปเปิล

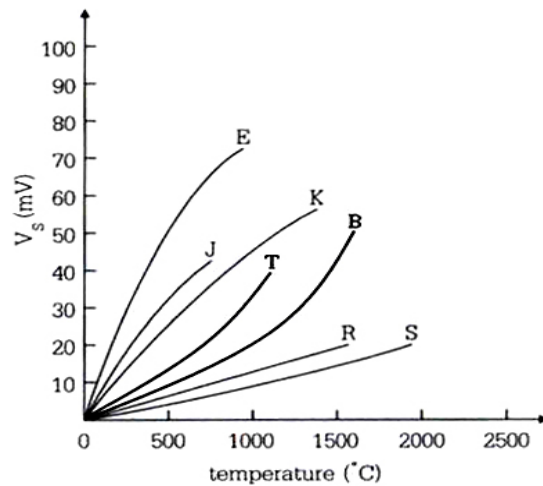
เทอร์โมคัปเปิล คือ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (emf)

เรื่อง เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 1.13 การทดลองของซีเบ็ค (Seebeck)

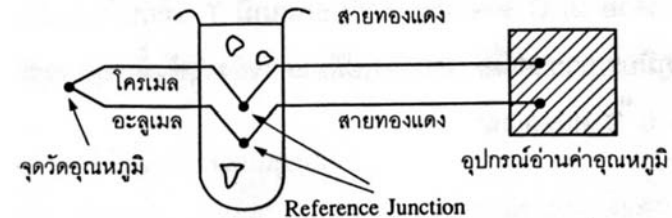
เทอร์โมคัปเปิลผลิตขึ้นมาใช้งานมีอยู่หลายแบบด้วยกัน ดังนี้



ภาพที่ 1.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบต่างๆ

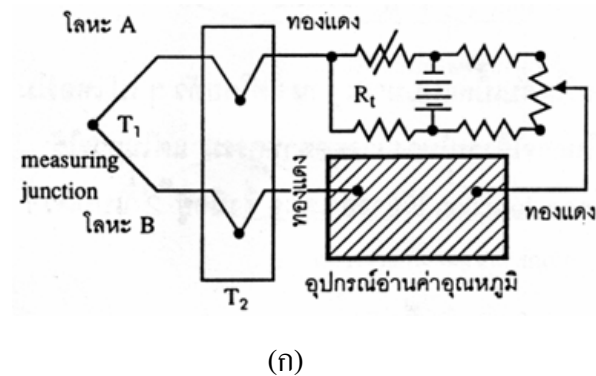
เทอร์โมคัปเปิลจำเป็นต้องมีวิธีการรักษาอุณหภูมิ ณ จุด Reference Junction ไว้ให้อ้างอิงเสมอซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือ

วิธีที่ 1 ใช้น้ำแข็งบริสุทธิ์รักษาอุณหภูมิ ณ จุด Reference ที่ 0°C

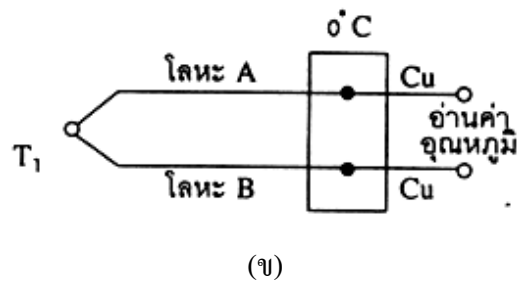


ภาพที่ 1.15 การรักษาอุณหภูมิ ณ จุด Reference Junction ด้วยน้ำแข็ง

วิธีที่ 2 ใช้วงจรไฟฟ้าแบบบริดจ์



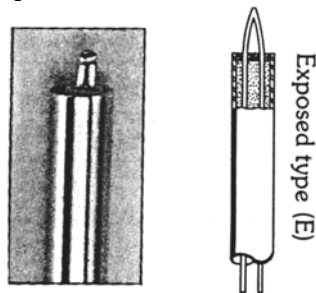
เรื่อง เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 1.16 การใช้วงจรไฟฟ้าแบบบริดจ์

เพื่อให้เทอร์โมคัปเปิลเรียบร้อยแข็งแรงจะต้องประกอบอยู่ภายใน Metal Sheath ซึ่งมีอยู่ 3 วิธีคือ

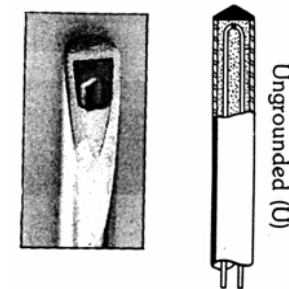
1. จุดต่อวัดแบบเปลือย (Exposed Junction)



ภาพที่ 1.17 แบบ Exposed Junction

เหมาะสำหรับงานที่ Fluid ไม่มีการกัดกร่อน คือ ต้องการ ผลการวัดให้เร็วที่สุด แต่ก็มีผลเสีย คือ ชำรุดและเสียหายง่าย

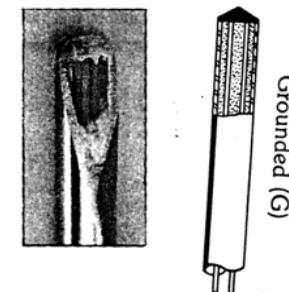
2. จุดต่อสำหรับวัดแบบไม่เชื่อมต่ออยู่กับตัวยึด (Ungrounded Junction)



ภาพที่ 1.18 แบบ Ungrounded Junction

ออกแบบไว้ใช้กับ Fluid ที่มีการกัดกร่อนและทนต่อสภาพความดันสูงๆ มีอายุการใช้งานยาวที่สุด แต่ก็มีข้อเสีย คือ ให้ผลการวัดช้า

3. จุดต่อแบบ (Grounded)

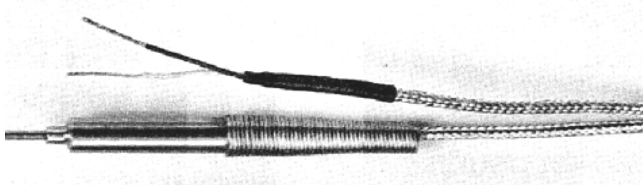


ภาพที่ 1.19 จุดต่อแบบ Grounded

เรื่อง เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

เหมาะสำหรับงานที่มี Fluid ที่มีการกัดกร่อน ให้ผลการตอบสนองต่ออุณหภูมิไวกว่าแบบ Ungrounded ทนต่อสภาพงานที่มีความดันสูงได้

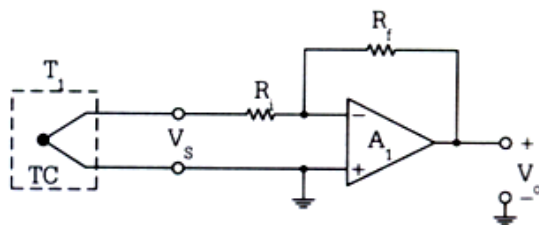
สายสำหรับนำสัญญาณ จะต้องมียุณลักษณะใกล้เคียงเหมือนกับสายเทอร์โมคัปเปิล เรียกว่า สาย Extension Wire



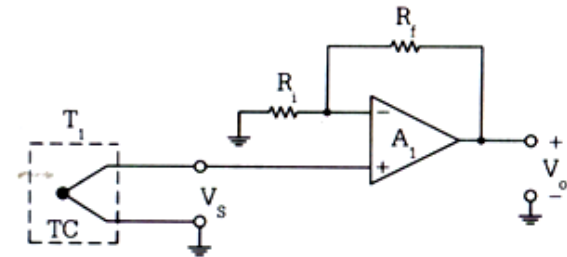
ภาพที่ 1.20 สาย Extension Wire

1.5.3 วงจรการต่อใช้งานเทอร์โมคัปเปิล

เป็นการต่อใช้งานของเทอร์โมคัปเปิลในระบบเครื่องมือวัดทางอิเล็กทรอนิกส์



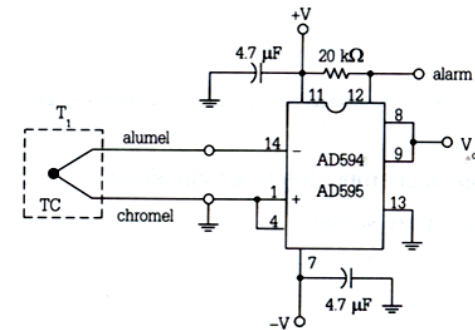
ภาพที่ 1.21 การต่อร่วมกับวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส



ภาพที่ 1.22 การต่อร่วมกับวงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส

เป็นการขยายแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากเทอร์โมคัปเปิลโดยใช้วงจรขยาย

สัญญาณแบบไม่กลับเฟส (noninverting amplifier)



ภาพที่ 1.23 การต่อร่วมกับ AD594/AD595

เป็นไอซีของบริษัท Analog Devices ซึ่งภายในบรรจุวงจรขยายสัญญาณแบบอินสตรูเมนต์ (instrumentation amplifier)

เรื่อง เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

1.6 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

ตารางที่ 1.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

คุณสมบัติ	เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)	อาร์ทีดี (RTD)	เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)
Repeatability	2° F ถึง 15° F	0.05° F ถึง 0.1° F	0.2 °F ถึง 2°F
เสถียรภาพการใช้งานที่อาจเปลี่ยนแปลงได้	1° F ถึง 2° F ต่อปี	น้อยกว่า 0.10 % ภายใน 5 ปี	0.2° F ถึง 5° F ภายใน 1 ปี
ความไวในการวัด	10 - 50 $\mu\text{V} / ^\circ\text{C}$	0.2 ถึง 10 $\Omega / ^\circ\text{C}$	100 - 1000 $\Omega / ^\circ\text{C}$
Interchangability	$\pm 0.75 \%$	$\pm 0.5 \%$	$\pm 0.5 \%$
ช่วงอุณหภูมิการวัด	-300° F ถึง 3100° F	-200° F ถึง 1600° F	-150° F ถึง 550° F
สัญญาณเอาต์พุต	0 - 60 mV	1 ถึง 6 V	1 ถึง 3 V
Power (สำหรับ Load 100 Ω)	1.6×10^{-7} Watt	4×10^{-2} Watt	8×10^{-1} Watt
ลิเนียริตี	ดี	ดี	ไม่ดี
ลักษณะโดยทั่วไป	ประหยัดที่สุดสำหรับการใช้งานสูงสุด	Accuracy ดี , มีเสถียรภาพ	มีความไวในการวัดสูงสุด

1.7 การเลือกชนิดของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิให้เหมาะสมกับงาน

1.7.1 อาร์ทีดี (RTD)

เป็นเซนเซอร์ที่นำเอาคุณสมบัติพื้นฐานของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้าของวัสดุตัวนำกับอุณหภูมิรอบข้างมาประยุกต์ใช้ พบเห็นในอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ ดังนี้

- อุตสาหกรรมการผลิตอาหาร , อุตสาหกรรมทางเคมี
- อุตสาหกรรมการผลิตเบียร์, อุตสาหกรรมกระบวนการแปรรูปอาหาร

1.7.1.1 การติดตั้งใช้งานในลักษณะต่างๆ



(ก)

เรื่อง เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ



(ข)



(ค)

ภาพที่ 1.24 การติดตั้งใช้งานในลักษณะต่างๆ ของเซนเซอร์
ตรวจวัดอุณหภูมิแบบ อาร์ทีดี (RTD)

1.7.2 เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)

เป็นเซนเซอร์ที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเหมือนอาร์ทีดี แต่ต่างจากอาร์ทีดี คือ ความต้านทานจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและตรวจวัดในพื้นที่แคบได้ดี จากหลักการดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ ดังนี้

- ในลักษณะของงานทางด้านการแพทย์
- การตรวจสอบอุณหภูมิของวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์

1.7.2.1 การติดตั้งใช้งานในลักษณะต่างๆ

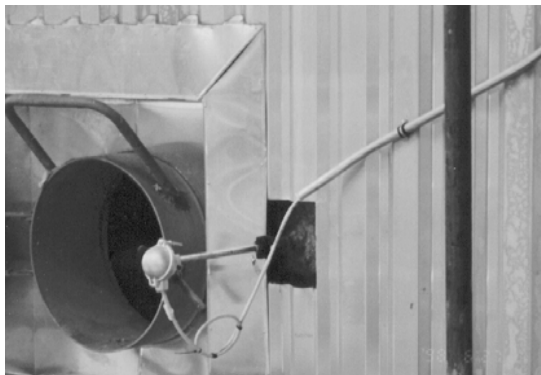


(ก)

เรื่อง เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ



(ข)



(ค)

ภาพที่ 1.25 การติดตั้งใช้งานในลักษณะต่างๆ ของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบเทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)

1.7.3 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

การใช้งานเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐานแต่ละชนิด สามารถนำไปวัดอุณหภูมิได้ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและคุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชนิดนั้นด้วยดังนี้

1. แบบ S (Type S)

- ใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเคลือบ ดินเผา สุขภัณฑ์

2. แบบ R (Type R)

- ใช้งานเหมือน Type S แต่จะต้องมีท่อป้องกันที่ตัววัดอุณหภูมิ

3. แบบ B (Type B)

- ใช้วัดอุณหภูมิในเตาเผาพลอย ในอุตสาหกรรมเครื่องประดับ

4. แบบ E (Type E)

- ปัจจุบันไม่นิยมใช้งาน

5. แบบ T (Type T)

- ไม่เหมาะกับงานที่ต้องสัมผัสกับการแผ่รังสีโดยตรง

6. แบบ J (Type J)

- ต้องมีท่อป้องกันที่ตัววัดอุณหภูมิ ส่วนใหญ่จะใช้เป็นสแตน

เลส

เรื่อง เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

7. แบบ K (Type K)

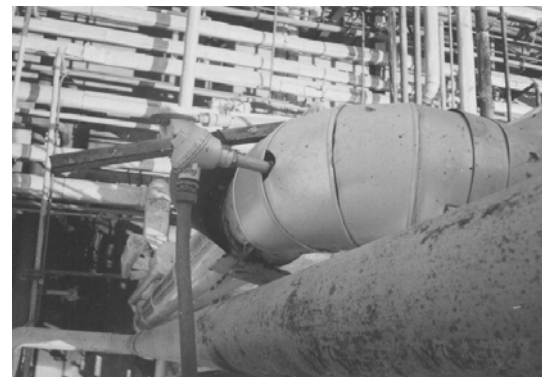
- นิยมใช้มากที่สุดเนื่องจากมีแบบ และขนาดต่างๆ ให้เลือกใช้ ช่วงวัดอุณหภูมิกว้าง มีอายุการใช้งานยาวนาน ราคาไม่แพง

1.7.3.1 ลักษณะการติดตั้งใช้งานในอุตสาหกรรม

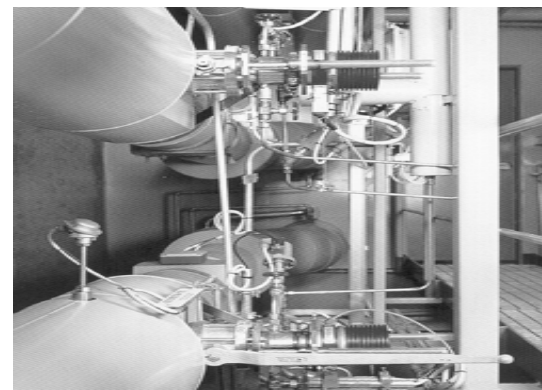
เหมือนกับอาร์ทีดีจะต่างกันก็เฉพาะส่วนของเซนเซอร์เท่านั้น การติดตั้งใช้งานมีดังนี้



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 1.26 การติดตั้งใช้งานในลักษณะต่างๆ ของ
เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคัปเปิล

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 1/33

1.1 การวัดอุณหภูมิ (Temperature)

การวัดอุณหภูมิ คือการเปรียบเทียบระดับความร้อนที่ต้องการทราบค่ากับระดับความร้อนอ้างอิง

อุณหภูมิ คือ ปริมาณทางฟิสิกส์ซึ่งเป็นหน่วยการวัดในการบ่งชี้ถึงระดับความร้อนหรือเย็นของอุปกรณ์สารใดๆ โดยขณะที่เรารู้สึกว่าร้อนหรือเย็นนั้น สาเหตุก็เนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลในสารกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า อุณหภูมิ คือ การวัดหรือการบ่งชี้ถึงระดับพลังงานจลน์เฉลี่ย (average kinetic energy) ของโมเลกุลอันหนึ่งมาจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลในสารนั่นเอง หากระดับพลังงานจลน์ในการเคลื่อนที่มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้อุณหภูมิของสารนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และในทางกลับกันอุณหภูมิมักมีค่าลดลงเมื่อพลังงานจลน์ในการเคลื่อนที่ลดลง

1.2 หน่วยวัดอุณหภูมิ

การวัดอุณหภูมิโดยทั่วไปมักแสดงระดับของความร้อนหรือเย็นในอุปกรณ์ สารใดๆ เมื่อเทียบกับระดับอุณหภูมิอ้างอิงเป็นค่าคงที่ได้ตั้งเอาไว้ โดยแสดงผลออกมาในหน่วยการวัดของอุณหภูมิซึ่งมีอยู่ 3 หน่วยการวัด ที่สำคัญ คือ เซลเซียส (Celsius) เคลวิน (Kelvin) ฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit)

เซลเซียส เป็นหน่วยวัดอุณหภูมิที่ตั้งชื่อตามนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน Anders Celsius (ค.ศ. 1701-1744) โดยเซลเซียสพบว่า ณ ความดันบรรยากาศ น้ำบริสุทธิ์จะมีจุดคงที่ทางอุณหภูมิอยู่สองจุดคือ จุดเยือกแข็งของน้ำและจุดที่น้ำเดือด เขาจึงกำหนดจุด 0 องศาที่จุดเยือกแข็งของน้ำ และ 100 องศาที่จุดเดือดของน้ำ

ฟาเรนไฮต์ เป็นหน่วยวัดอุณหภูมิที่ตั้งชื่อตามนักวิทยาศาสตร์ชาวคัตซ์ Daniel Gabriel Fahrenheit (ค.ศ. 1686-1736) โดยฟาเรนไฮต์ได้พยายามหาจุดต่ำสุดของอุณหภูมิโดยการทดลองกับสารต่างๆ หลายๆ อย่างและพบว่าจุดเยือกแข็งของแอมโมเนียมคลอไรด์เป็นจุดต่ำสุดของอุณหภูมิเท่าที่ทดลองได้ จึงกำหนดจุดนี้เป็นจุด 0 องศา สาเหตุที่ไม่กำหนดจุดบนสเกลเป็น 100 องศาเพราะต้องการให้มีค่าเป็นสัดส่วนทวิคูณของ 12 ตามหน่วยอื่นๆ ที่นิยมในสมัยนั้น

ทั้งหน่วยเซลเซียสและฟาเรนไฮต์ก็เป็นมาตราวัดอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองหาสภาวะคงที่ทางอุณหภูมิของสาร ณ จุดต่างๆ ที่อยู่ในย่านบรรยากาศของพื้นโลกและแบ่งสเกลให้เป็นไปตามความสะดวกเหมาะสมมิได้มีหลักเกณฑ์ตายตัวอะไร

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 2/33

ต่อมา นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ลอร์ดเคลวิน เป็นผู้คิดค้นหน่วยของอุณหภูมิทางวิทยาศาสตร์ขึ้นในปี ค.ศ. 1851 เรียกว่า มาตราเคลวิน โดยกำหนดจุดอุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์ (Zero Absolute Temperature) ขึ้น ณ จุดที่เป็นอุดมคติ(Ideal) นี้ อิเล็กตรอนในอะตอมของสารต่างๆ จะหยุดโคจรรอบนิวเคลียสโดยไม่มีพลังงานความร้อนหลงเหลืออยู่ในสารนั้นๆ อีกต่อไป ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำให้เย็นจัดถึงจุดนี้ได้

1.3 อาร์ทีดี (RTD)

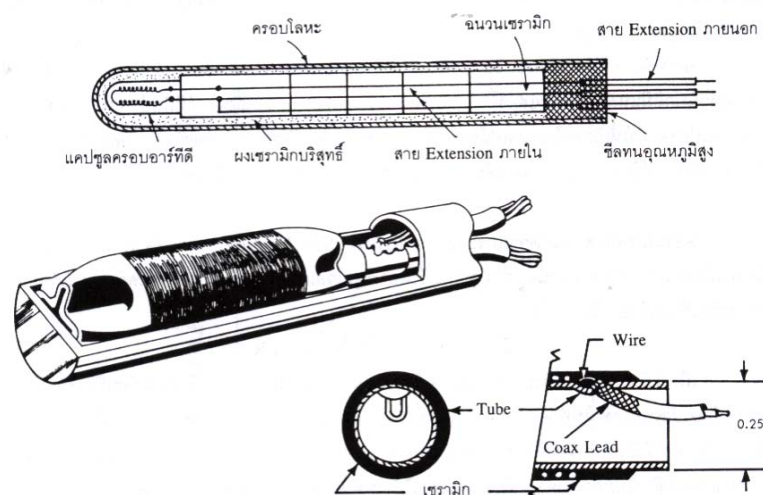
1.3.1 ความหมายของอาร์ทีดี

RTD เป็นคำที่ย่อมาจาก Resistance Temperature Detector เป็นเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิที่นำเอาคุณสมบัติพื้นฐานของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้าของวัสดุตัวนำ กับอุณหภูมิมาประยุกต์ใช้งาน

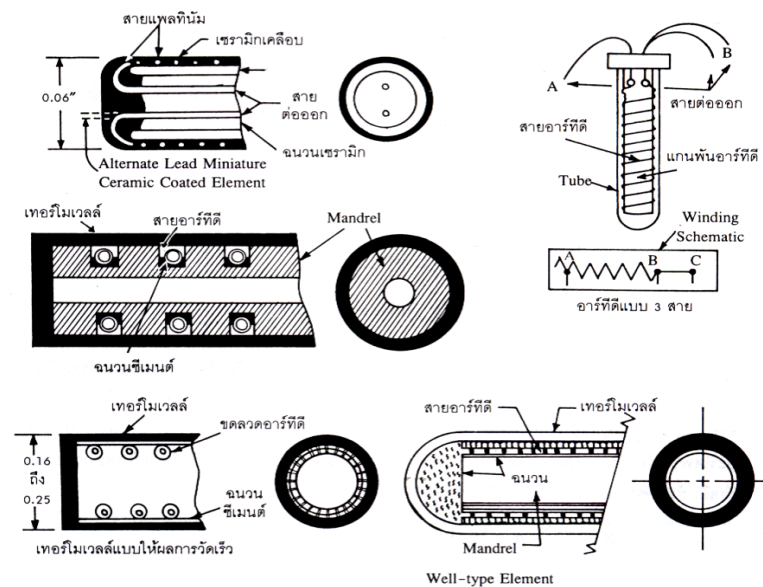
1.3.2 โครงสร้างของอาร์ทีดี

อาร์ทีดี ทำด้วยลวดโลหะที่มีความยาวค่าหนึ่ง ซึ่งทำให้เกิดค่าความต้านทานที่ต้องการ ณ อุณหภูมิ 0°C ลวดโลหะนี้จะพันอยู่บนแกนที่เป็นฉนวนไฟฟ้าและมีคุณสมบัติทนต่อความร้อน แกนที่เป็นสารประเภทเซรามิกหรือแก้ว เช่น อะลูมินาบริสุทธิ์ , สารที่เจือปนอยู่ , (Impurities) เช่น ซิลิกา จะทำให้เส้นลวดความต้านทานสกปรก (Contaminate) สิ่งที่น่ากังวลถึงเป็นพิเศษในกระบวนการผลิต คือ ขณะใช้งาน ขดลวดที่ต้องทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความสั่นสะเทือนได้ ทั้งนี้เพราะเมื่อขดลวดได้รับความร้อนจะขยายตัว เมื่อเย็นลงจะหดตัว แกนที่ใช้พันจะต้องมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวสัมพันธ์กับการขยายตัวของขดลวด การพันขดลวดจะทำให้เมื่อขดลวดร้อนจนอ่อนตัว หลังจากนั้นต้องผ่านกรรมวิธีการอบร้อนคลายเครียดที่มีอยู่ในขดลวด (Stress Relieve) ด้วยอุณหภูมิอย่างน้อย 500°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สภาพภายนอกของอาร์ทีดีเหมือนเทอร์โมคัปเปิล อาร์ทีดีจะถูกบรรจุอยู่ใน Sheath (ฝักโลหะ) ฉนวนที่เป็นพวกแมกนีเซียมออกไซด์หรืออลูมิเนียมออกไซด์ ช่วงที่มีผลต่อการวัดโดยตรง (Sensitive Portion) อยู่ตรงส่วนปลายของ Sheath อายาว 0.5 ถึง 2.5 นิ้ว ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ของขดลวด การเลือก Metal Sheath ฉนวน , เทอร์โมเวลต์ เหมือนกับเทอร์โมคัปเปิล

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน	รหัสวิชา
		อุตสาหกรรม	3104 - 2007
	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 3/33



(ก)



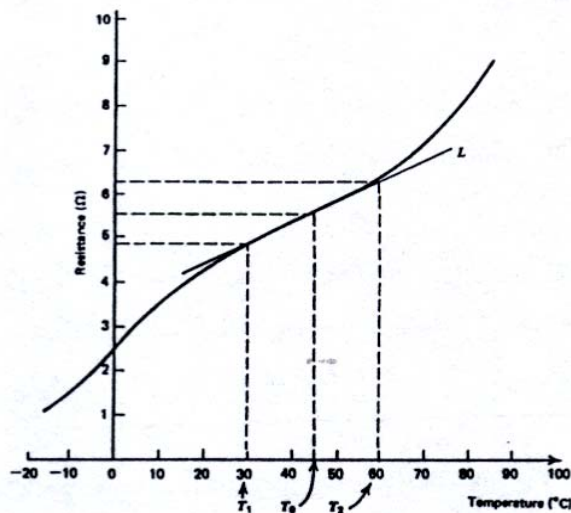
(ข)

ภาพที่ 1.1 ภาพ (ก) และ (ข) เป็นภาพตัดและขยาย
ให้เห็นโครงสร้างของอาร์ทีดี

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน	รหัสวิชา
		อุตสาหกรรม	3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 4/33

1.3.3 หลักการทำงานของอาร์ทีดี

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานทางไฟฟ้า ค่าความต้านทานจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิมีค่าสูงขึ้น หรืออาจจะกล่าวได้ว่า ค่าความต้านทานจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิ ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและอุณหภูมิสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและอุณหภูมิ

ค่าความต้านทานของเส้นลวดโลหะจะเปลี่ยนแปลงค่าตามสมการ

$$R_t = R_0(1 + \alpha_0 \Delta T)$$

โดยที่ R_t คือ ค่าความต้านทานของลวดโลหะที่อุณหภูมิที่ $T^{\circ}\text{C}$

R_0 คือ ค่าความต้านทานของลวดโลหะที่อุณหภูมิที่ 0°C

α คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ออุณหภูมิ 1°C

(Temperature Coefficient Of Resistance ($\Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$))

T คือ ค่าอุณหภูมิ

ซึ่งค่า α มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของโลหะ เช่น แพลทินัมมีค่าเป็น $0.00392 \Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$ จากย่านในช่วงอุณหภูมิ 0 ถึง 100°C , นิกเกิล $0.0063 \Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$, ทองแดง $0.00425 \Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$ กรณีที่วัสดุตัวนำต่างชนิดกันก็จะมีค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของค่าความต้านทานไฟฟ้าต่างกันด้วย

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน	รหัสวิชา
		อุตสาหกรรม	3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 5/33

ตารางที่ 1.1 ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของค่าความต้านทานไฟฟ้า (α) ของวัสดุตัวนำบางชนิด

วัสดุตัวนำ	สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของค่าความต้านทานไฟฟ้า (α)
ทองแดง	4.3×10^{-3}
เงิน	3.9×10^{-3}
เหล็ก	6.5×10^{-3}
นิกเกิล	6.5×10^{-3}
แพลตินัม	3.9×10^{-3}

ตัวอย่างที่ 1 ลวดแพลตินัมเส้นหนึ่งมีค่าความต้านทานนำไฟฟ้าเท่ากับ $120 \, \Omega$ ที่อุณหภูมิ 0°C จงคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้าของลวดแพลตินัมดังกล่าวเมื่ออุณหภูมิมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 30°C และผลต่างของค่าความต้านทานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง (ΔR) ได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

วิธีทำ

จากข้อมูลที่กำหนดให้ $R_0 = 120 \, \Omega$, $\alpha = 3.9 \times 10^{-3}$ และ $t = 30^\circ\text{C}$

จากสมการ $R_t = R_0(1 + \alpha T)$

แทนค่าลงในสมการ $R_{25^\circ\text{C}} = 120 \times [1 + (3.9 \times 10^{-3} \times 30)]$

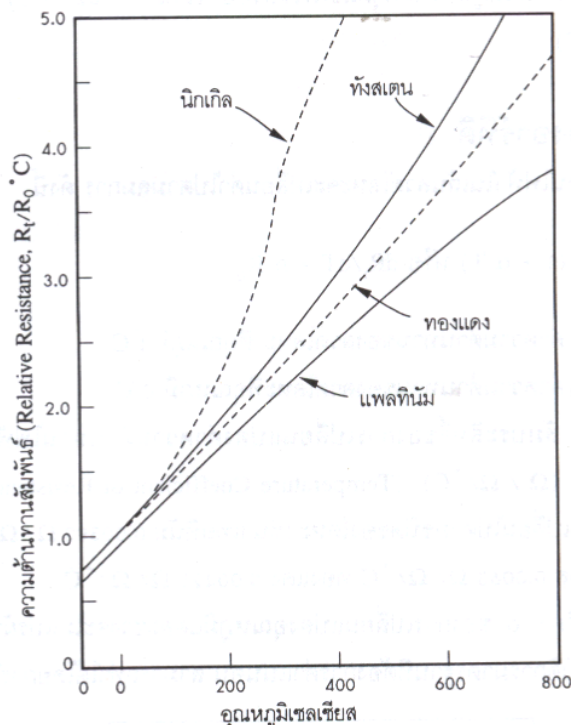
$= 134.04 \, \Omega$

ดังนั้น ค่าความต้านทานไฟฟ้าของลวดแพลตินัมที่อุณหภูมิ 30°C จึงมีค่าเท่ากับ $134.04 \, \Omega$ และผลต่างของค่าความต้านทานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง (ΔR) สามารถคำนวณหาได้จาก

$$\begin{aligned}\Delta R &= R_t - R_0 \\ &= 134.04 - 120 \\ &= 14.04 \, \Omega\end{aligned}$$

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน	รหัสวิชา
		อุตสาหกรรม	3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 6/33

ในช่วง 90 ปีที่ผ่านมา สถาบันและสมาคมทั้งสามแห่งที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอาร์ทีดี ได้กำหนดมาตรฐานต่างกันไป แต่ต่อมากลุ่มกำหนดมาตรฐาน IEC (IES Standard Groups) ได้กำหนด Calibration Curve ของอาร์ทีดีแบบแพลตินัมใหม่ และเป็นที่ยอมรับของสมาคมทั้งสามดังกล่าว ช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 400 °C ค่าผิดพลาดไม่เกิน ± 0.2 °C และในช่วงอุณหภูมิ 400 °C ถึง 600 °C ค่าผิดพลาดไม่เกิน ± 0.5 °C ภาพที่ 1.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของอาร์ทีดีที่ทำจากโลหะ



ภาพที่ 1.3 อัตราส่วนความต้านทานของโลหะที่ใช้ทำอาร์ทีดี
เทียบกับค่าความต้านทานที่ 0 °C

1.3.4 วงจรการต่อใช้งานของอาร์ทีดี

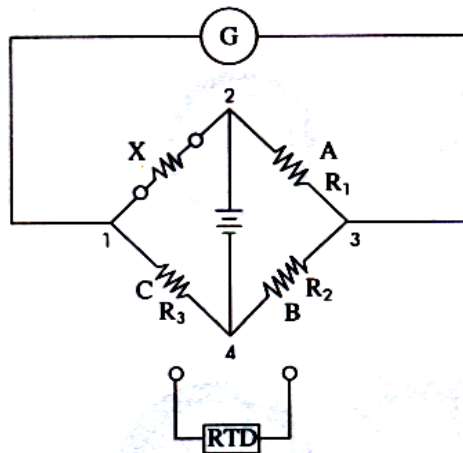
วงจรต่อใช้งานพื้นฐานของ RTD ก็คือวงจรบริดจ์ RTD จะติดตั้งอยู่ในจุดที่ต้องการจับอุณหภูมิ ตัวต้านทานที่เหลืออีก 3 ตัว ที่ใช้จะต้องเป็นแบบที่มีความถูกต้องเที่ยงตรงสูง การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเมื่ออุณหภูมิบรรยากาศเปลี่ยนแปลงต้องต่ำมากๆ และในการใช้งาน RTD ร่วมกับวงจรบริดจ์นี้จำเป็นต้องพิจารณาสายที่ต่อระหว่าง RTD กับวงจรบริดจ์มากเป็นพิเศษ กล่าวคือหากสายที่ใช้ต่อค่อนข้างยาวจะทำให้มีผลต่ออุณหภูมิ และค่าความต้านทานที่จะ

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน	รหัสวิชา
		อุตสาหกรรม	3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 7/33

เกิดขึ้นกับวงจรทำให้ผลของการวัดผิดพลาดไป จึงจำเป็นที่จะต้องมีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อชดเชยค่าความผิดพลาด ซึ่งสามารถกระทำได้หลายวิธีด้วยกัน

1.3.4.1 การต่ออาร์ทีดี แบบ 2 สาย

การต่อแบบนี้จะใช้กับ อาร์ทีดี ที่มี 2 ขั้วและใช้สายต่อวัดสั้นๆ เพราะความต้านทานของสายจะมีผลในวงจรทำให้ความแม่นยำลดลง การต่อแบบนี้จึงเหมาะสำหรับการวัดที่ไม่ต้องการความถูกต้องสูง

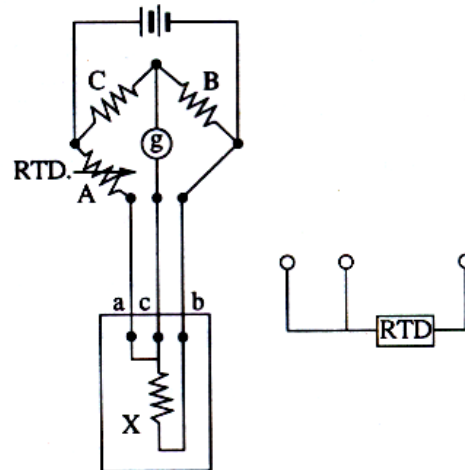


ภาพที่ 1.4 การต่ออาร์ทีดีแบบ 2 สาย

1.3.4.2 การต่ออาร์ทีดี แบบ 3 สาย

การต่อวงจรอาร์ทีดีแบบ 3 สาย เป็นแบบมาตรฐานที่นิยมใช้กันมากที่สุดในวงการอุตสาหกรรมทั่วไป สายทั้งสามจากอาร์ทีดีที่ต่อเข้าวงจรบริดจ์จะต้องมีขนาด ความยาวเท่ากันและอยู่ในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิเดียวกันตลอด เพื่อให้ค่าความต้านทานของทั้งสามสายเปลี่ยนแปลงไปในขนาดและทิศทางเดียวกัน เป็นการชดเชยความผิดพลาดอันเกิดจากการลากสายตัวนำยาวในสภาวะงานที่หลีกเลี่ยงไม่ได้จากวงจรบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุล

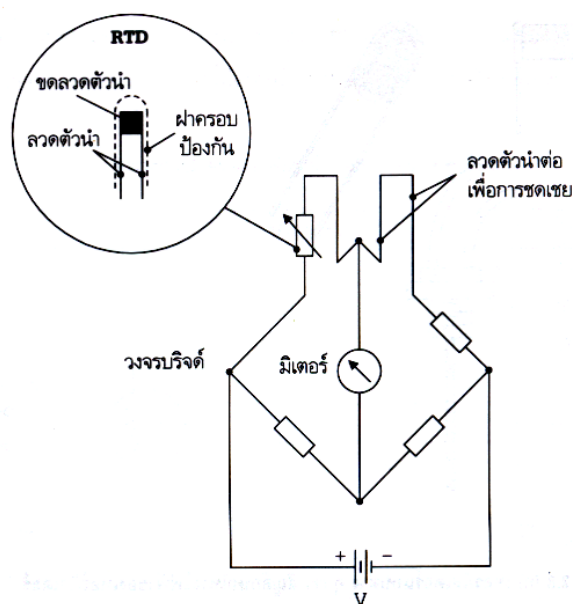
	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน	รหัสวิชา
		อุตสาหกรรม	3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 8/33



ภาพที่ 1.5 การต่ออาร์ทีดีแบบ 3 สาย

1.3.4.3 การต่ออาร์ทีดี แบบ 4 สาย

วงจรการต่อแบบ 4 สาย เป็นแบบที่เลื่อนจุดต่อของบริดจ์ ไปอยู่ภายนอกสายที่ต่อจากอาร์ทีดีทั้ง 4 เส้น จะต้องมีความยาวเท่ากันและอยู่ในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิเดียวกัน การต่อแบบนี้จะใช้สายชดเชย เพื่อความต้านทานให้สมดุลกัน



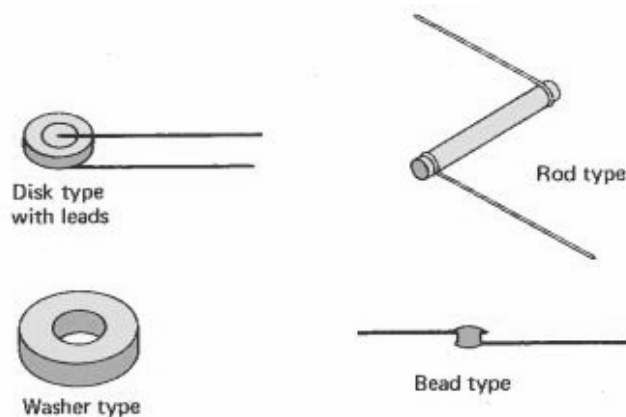
ภาพที่ 1.6 การต่ออาร์ทีดีแบบ 4 สาย

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน	รหัสวิชา
		อุตสาหกรรม	3104-2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 9/33

1.4 เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)

1.4.1 โครงสร้างของเทอร์มิสเตอร์

เทอร์มิสเตอร์ ทำมาจากวัสดุประเภทสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ซึ่งเป็นโลหะผสมระหว่างทองแดงกับโลหะออกไซด์ เช่น แมงกานีส นิกเกิล โคบอล หรือ โครเมียม เป็นต้น โดยมีรูปร่างต่างๆ ตามภาพที่ 1.7



ภาพที่ 1.7 โครงสร้างของเทอร์มิสเตอร์รูปแบบต่างๆ

1.4.2 หลักการทำงานของเทอร์มิสเตอร์

เทอร์มิสเตอร์ เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน เช่นเดียวกับ RTD ซึ่งส่วนใหญ่เทอร์มิสเตอร์จะนิยมทำมาจากออกไซด์ของแมงกานีสกับทองแดง และออกไซด์ของนิกเกิลกับทองแดง สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์จะมีค่าที่สูง ตัวอย่างเช่น เทอร์มิสเตอร์บางตัวอาจเปลี่ยนค่าความต้านทาน $156\ \Omega$ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปเพียง 1°C เท่านั้น แต่ข้อสำคัญที่ทำให้ เทอร์มิสเตอร์แตกต่างจาก RTD ก็คือการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานจะกลับกันกับ RTD หรือกล่าวง่าย ๆ ก็คือ ค่าความต้านทานจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งเนื่องมาจากคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำนั่นเอง โดยมีค่าสัมพัทธ์ระหว่างค่าความต้านทานกับอุณหภูมิอยู่ในรูปของเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential) ซึ่งสามารถอธิบายค่าความต้านทานไฟฟ้าของเทอร์มิสเตอร์ในรูปของสมการดังนี้

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 10/33

$$R_T = R_0 \exp \beta \left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right]$$

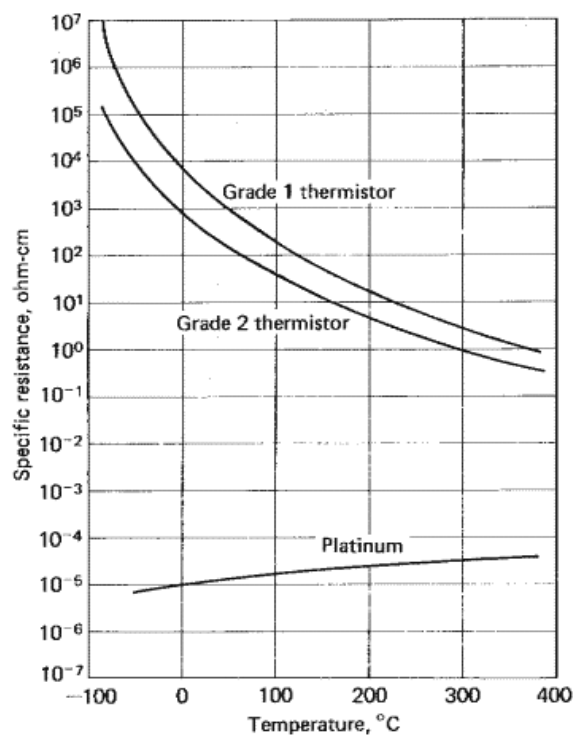
โดยที่ R_t คือ ค่าความต้านทานไฟฟ้าของเทอร์มิสเตอร์ที่อุณหภูมิเท่ากับ T

T คือ ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ในหน่วยของสเคลวิน

R_0 คือ ค่าความต้านทานไฟฟ้าของเทอร์มิสเตอร์ที่อุณหภูมิองศาอ้างอิงเท่ากับ T_0

β คือ ค่าคงที่ของเทอร์มิสเตอร์ มีหน่วยเป็นองศาเคลวิน

ค่า β นี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาทำเทอร์มิสเตอร์



ภาพที่ 1.8 คุณสมบัติของ เทอร์มิสเตอร์ เปรียบเทียบกับ RTD

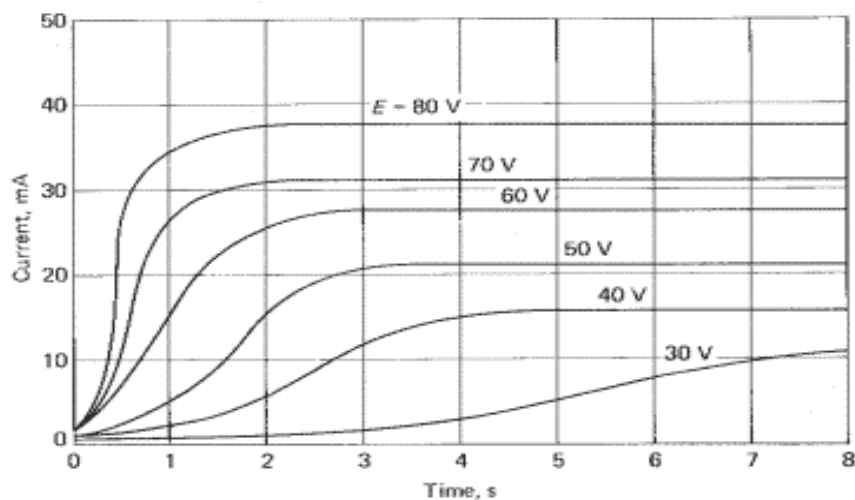
ชนิดที่ทำมาจากแพลาตินัม (Platinum)

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน	รหัสวิชา
		อุตสาหกรรม	3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 11/33

1.4.3 วงจรการต่อใช้งานของเทอร์มิสเตอร์

เมื่อนำเทอร์มิสเตอร์มาใช้ร่วมกับวงจรไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่ตัวมันจะเพิ่มขึ้นตามกระแสไหลผ่านที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อถึงจุด ๆ หนึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมนี้จะลดในขณะที่กระแสก็ยิ่งเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สาเหตุมาจากคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์ที่มีความต้านทานเป็นลบนั่นเอง ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับเทอร์มิสเตอร์มีค่าน้อยกระแสนี้จะมีค่าน้อยตามไปด้วย ดังนั้น ความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระแสนี้ก็ยังมีจำนวนไม่เพียงพอที่จะทำให้อุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์มีค่าสูงตามอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมในขณะนั้นได้ ภายใต้อุณหภูมินี้กระแสจะเป็นสัดส่วนกับแรงดันไฟฟ้าตามกฎของโอห์ม

เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้เทอร์มิสเตอร์มีค่าสูงขึ้นกระแสก็จะมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย จึงทำให้เกิดความร้อนส่งผลให้อุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์สูงเกินกว่าอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมในขณะนั้น และค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์จะลดลง ซึ่งผลอันนี้จะทำให้กระแสไหลมากขึ้น และความต้านทานก็ยิ่งลดลงเรื่อย ๆ กระแสนี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งค่าสูญเสีย (dissipation) ของเทอร์มิสเตอร์เท่ากับพลังงานหรือกำลังที่ป้อนให้ภายใต้สภาพแวดล้อมอุณหภูมิคงที่ ค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์จะเป็นฟังก์ชันกับพลังงานที่สลับเปลี่ยนไปภายในตัวมันเอง หมายถึง ว่าจะต้องมีพลังงานอย่างเพียงพอที่จะทำให้อุณหภูมิของมันสูงกว่าอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม

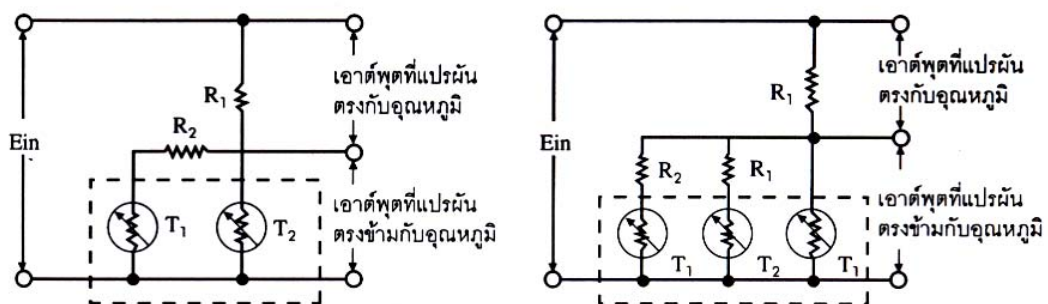


ภาพที่ 1.9 คุณลักษณะของกระแสกับเวลาของเทอร์มิสเตอร์

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน	รหัสวิชา
		อุตสาหกรรม	3104 – 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 12/33

จากภาพกระแสจะมีค่าสูงสุดเมื่อเวลาผ่านไปเพียงเล็กน้อย แต่ทั้งนี้ก็จะขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ด้วย เมื่อเกิดความร้อนขึ้นในเทอร์มิสเตอร์มันจะใช้เวลาชั่วขณะหนึ่งที่จะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นและกระแสก็จะมีค่าคงที่ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวนี้อธิบายได้ว่าเป็นเวลาที่ใช้ในการตอบสนองการทำงานนั่นเอง แต่อย่างไรก็ตามช่วงเวลานี้จะผันแปรไปตามแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้

เนื่องจากสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ การใช้เทอร์มิสเตอร์ต่อร่วมกับวงจรบริดจ์เหมือน RTD นั้น ทำให้เราสามารถอ่านค่าได้ละเอียดมากในช่วงอุณหภูมิแคบ ๆ โดยสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแม้เพียง 0.0005°C เท่านั้น ดังนั้น วงจรการวัดโดยทั่วไปจึงหันมาใช้ วงจรแบ่งแรงดัน (voltage divider) และสายที่ใช้ต่อจากเทอร์มิสเตอร์มายังวงจรก็ไม่มีส่วนสร้างความผิดพลาดในการวัดเหมือนกับ RTD จากการทดลองใช้สายทองแดงขนาดเบอร์ 18 ยาว 400 ฟุต ณ อุณหภูมิบรรยากาศ 25°C จะทำให้เกิดค่าความผิดพลาดเพียง 0.05°C เท่านั้น



ภาพที่ 1.10 การต่อเทอร์มิสเตอร์กับวงจรแบ่งแรงดัน

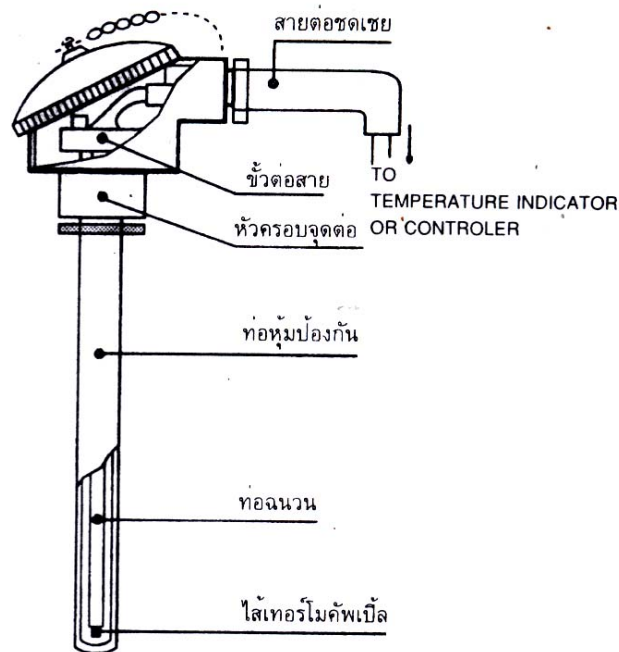
1.5 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

1.5.1 โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล

เทอร์โมคัปเปิลประกอบด้วยเส้นลวดโลหะต่างชนิดกันสองเส้นต่อเข้าด้วยกันที่ปลายข้างหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะถูกนำไปต่อใช้งาน ปลายของเส้นลวดที่ต่อเข้าด้วยกันนี้เรียกว่า hot junction ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งเรียกว่า cold junction ซึ่งเป็นปลายด้านที่ต่อไปใช้งาน เมื่อจุดต่อ hot junction ได้รับความร้อนและมีอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่สามารถวัดค่าได้ที่จุด cold junction โลหะที่ใช้ประกอบกันเป็นเทอร์โมคัปเปิลนั้นส่วนมาก ได้แก่ เหล็ก – คอนสแตน

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน	รหัสวิชา
		อุตสาหกรรม	3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 13/33

แตน , โครเมิล – อลูเมิล , พลาตินัม/โรเดียม – พลาตินัม และ ทองแดง – คอนสแตนแตน โดยชื่อของโลหะตัวแรกจะเป็นขั้วบวกทางไฟฟ้า ส่วนโลหะชนิดหลังจะเป็นขั้วลบ



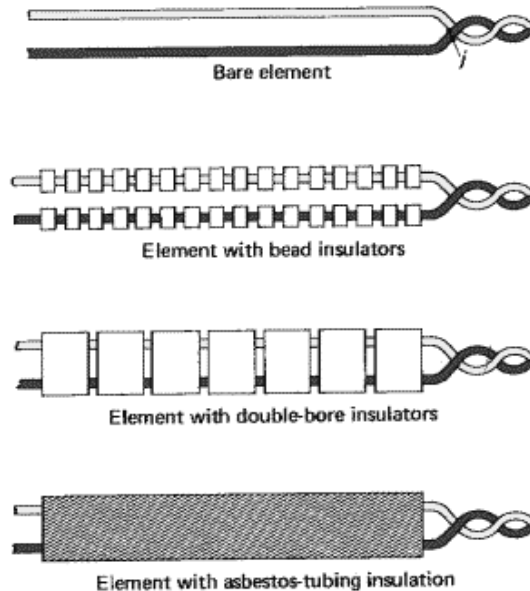
ภาพที่ 1.11 โครงสร้างและส่วนประกอบของเทอร์โมคัปเปิล

การเลือกวัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมคัปเปิล ได้ถูกกำหนดตามความต้องการตามสภาพของงานดังนี้

1. ส่วนผสมของโลหะที่ใช้ทำจะต้องไม่เปลี่ยน หรือสูญเสียธาตุส่วนผสมไปในเวลาอันรวดเร็ว
2. จะต้องให้แรงเคลื่อนเอาต์พุตที่มีเสถียรภาพ (Stable) ในการใช้งานไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติในช่วงเวลาใช้งาน
3. มีความแข็งแรงและทนต่อสภาพแวดล้อมในการใช้งาน

ตัวเทอร์โมคัปเปิล ปกติจะถูกเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน เรียกว่า **จุดต่อสำหรับวัด** และร้อนด้วยฉนวนเพื่อป้องกันการลัดวงจรที่มีใช้อยู่โดยทั่วไปในปัจจุบัน

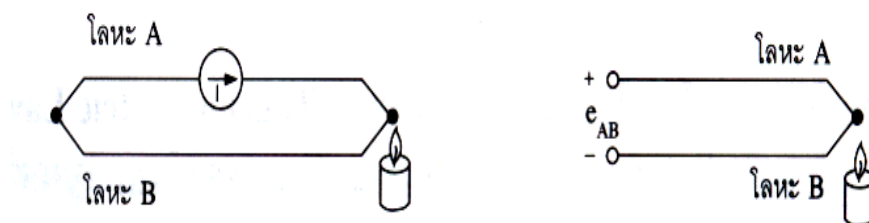
	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 14/33



ภาพที่ 1.12 การเชื่อมต่อและฉนวนที่ใช้ในเทอร์โมคัปเปิลแบบต่างๆ

1.5.2 หลักการทำงานของเทอร์โมคัปเปิล

เทอร์โมคัปเปิล คือ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (emf) เทอร์โมคัปเปิลทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว (แตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอม) นำมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่าจุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งปล่อยเปิดไว้ เรียกว่าจุดอ้างอิง หากที่จุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกันก็จะทำให้มีการนำกระแสในวงจรเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองขึ้น ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ค้นพบโดย Thomas Seebeck นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ค.ศ. 1821



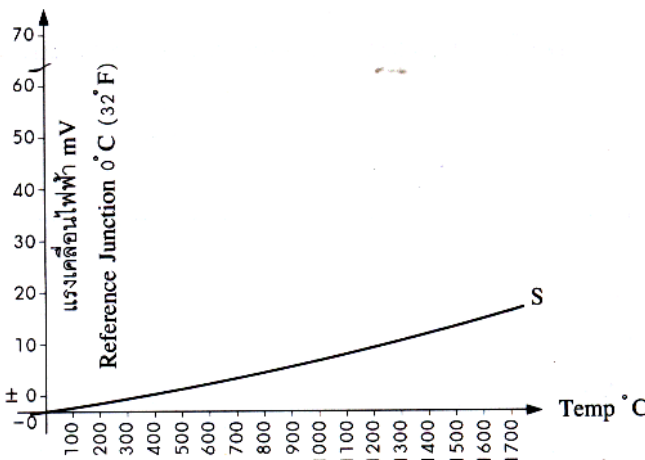
ภาพที่ 1.13 การทดลองของซีเบ็ค (Seebeck)

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 15/33

การค้นพบของซีเบ็คเกี่ยวกับเทอร์โมคัปเปิลได้นำมาใช้ประโยชน์อย่างมากมายในวงการอุตสาหกรรม โดยทั่วไปที่ผลิตขึ้นใช้งานมีอยู่หลายแบบชนิดด้วยกัน เช่น แบบ S, R, B, T, E, K และ J เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในลักษณะต่างๆ

1.5.2.1 เทอร์โมคัปเปิลแบบ S

แบบ S สายลบทำจากแพลตินัม และสายบวกทำจากโลหะผสม 90 % ของแพลตินัม + 10% ของโรเดียม สามารถวัดอุณหภูมิได้สูงถึง 1400 °C สามารถใช้ในการสอบเทียบค่า และเปรียบเทียบค่ามาตรฐานตั้งแต่จุดแข็งตัวของ แอนติโมนี (630.74 °C) จนถึงจุดแข็งตัวของทอง (1064.43 °C) เทอร์โมมิเตอร์แบบ S สามารถใช้งานในสภาวะที่เป็น Oxidizing และ Inert ได้ดี เหมาะกับการใช้งานในระยะสั้นๆ แต่ไม่เหมาะสำหรับงานที่เป็นแบบ Reducing Vacuum หรือสภาพงานที่มีไอของโลหะ เช่น ตะกั่ว สังกะสี เป็นต้น



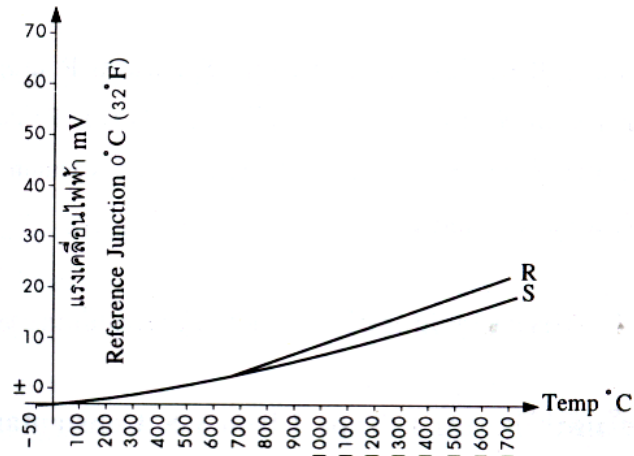
Temp (°C)	Reference Junction mV (32°F)
0	-10
100	-5
200	0
300	5
400	10
500	15
600	20
700	25
800	30
900	35
1000	40
1100	45
1200	50
1300	55
1400	60
1500	65
1600	70
1700	75

ภาพที่ 1.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ S

1.5.2.2 เทอร์โมคัปเปิลแบบ R

แบบ R สายลบทำจากแพลตินัม สายบวกทำจากแพลตินัม 87% + โรเดียม 13 % ผลที่ได้ทำให้เทอร์โมคัปเปิลแบบ R มีแรงเคลื่อนเอาต์พุตสูงกว่าแบบ S ซึ่งเทอร์โมคัปเปิลแบบ R มีคุณสมบัติเหมือนกับแบบ S ทนอุณหภูมิสูงสุดได้ 1400 °C

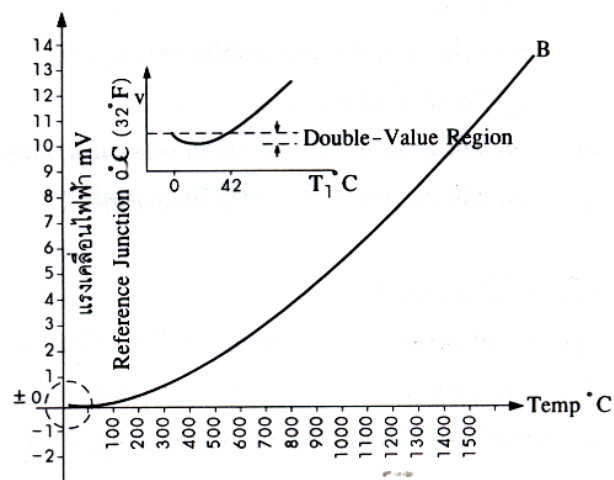
	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 16/33



ภาพที่ 1.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิ
ของเทอร์โมคัปเปิลแบบ R

1.5.2.3 เทอร์โมคัปเปิลแบบ B

แบบ B สายบวกทำจากแพลตินัม 70% + โรเดียม 30% สายลบทำจาก พลาตินัม 94% + โรเดียม 6% คุณสมบัติเทอร์โมคัปเปิลแบบ B จะให้แรงเคลื่อนต่ำกว่าแบบ S , R แต่ดีกว่าในส่วนของความแข็งแรงทนทาน ใช้งานที่อุณหภูมิสูงๆได้ถึง 1704 °C (3100 °F)

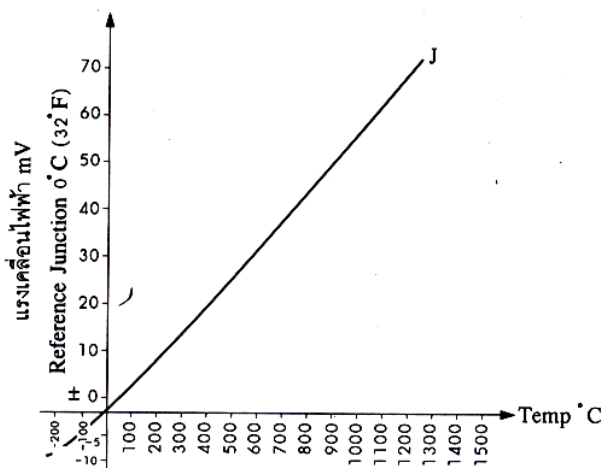


ภาพที่ 1.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิ
ของเทอร์โมคัปเปิลแบบ B

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน	รหัสวิชา
		อุตสาหกรรม	3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 17/33

1.5.2.4 เทอร์โมคัปเปิลแบบ J

แบบ J เป็นเทอร์โมคัปเปิลที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาของพลาตินัมที่มีราคาแพง โดยสายบวกทำด้วยเหล็ก และสายลบทำด้วย Constantan ซึ่งเป็นโลหะผสมระหว่าง 60% ของทองแดง + 40 % ของนิกเกิล เป็นตัวใหม่ที่สร้างมาแทนพลาตินัม คุณสมบัติเหมาะสมกับสภาพงานที่เป็น Vacuum , Oxidizing , Reducing หรือ Inert ที่อุณหภูมิไม่เกิน 760 °C ไม่เหมาะกับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 °C และที่อุณหภูมิสูงกว่า 538 °C (1000 °F)

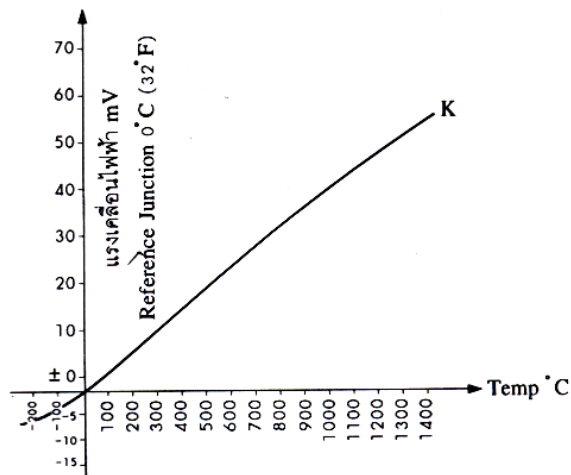


ภาพที่ 1.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิ
ของเทอร์โมคัปเปิลแบบ J

1.5.2.5 เทอร์โมคัปเปิลแบบ K

แบบ K เป็นเทอร์โมคัปเปิลที่สร้างขึ้นเพื่อสามารถวัดอุณหภูมิได้สูงกว่าแบบ J และมีราคาถูกกว่า โดยสายบวกทำมาจากโลหะผสมระหว่างนิกเกิล 90% + โครเมียม 10% และสายลบทำมาจากโลหะผสมระหว่างนิกเกิล 95% + 5% ของส่วนผสมระหว่างอะลูมิเนียม แมงกานีส และซิลิคอน ต่อมาได้กลายเป็นแบบมาตรฐานที่นิยมกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด

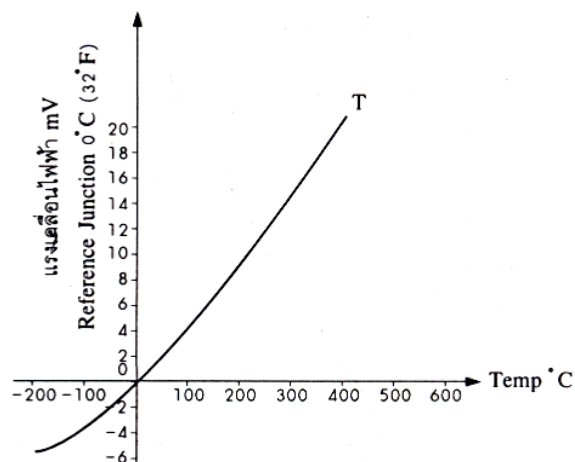
	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน	รหัสวิชา
		อุตสาหกรรม	3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 18/33



ภาพที่ 1.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิ
ของเทอร์โมคัปเปิลแบบ K

1.5.2.6 เทอร์โมคัปเปิลแบบ T

แบบ T เป็นเทอร์โมคัปเปิลที่เหมาะสมสำหรับการวัดอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ
สายบวกทำมาจากทองแดง และสายลบทำมาจาก Constantan ในสภาพการใช้งานปกติสามารถวัด
อุณหภูมิได้ต่ำถึง -184°C แต่อุณหภูมิทางบวกวัดได้ต่ำกว่าแบบอื่นๆ คือ ประมาณ 370°C
เท่านั้น การใช้งานของเทอร์โมคัปเปิลไม่เหมาะกับการที่ต้องสัมผัสโดยตรง

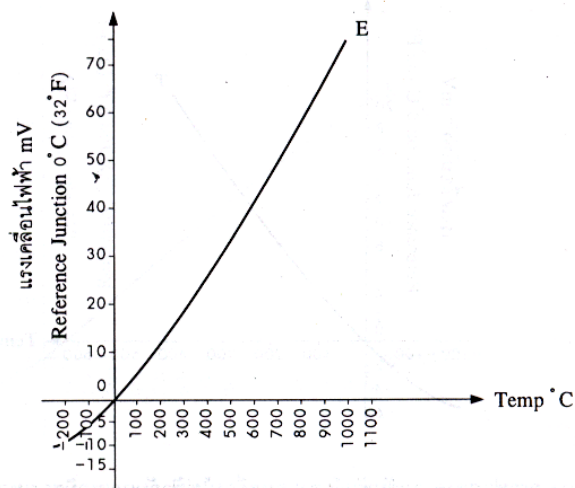


ภาพที่ 1.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับ
อุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ T

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน	รหัสวิชา
		อุตสาหกรรม	3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 19/33

1.5.2.7 เทอร์โมคัปเปิลแบบ E

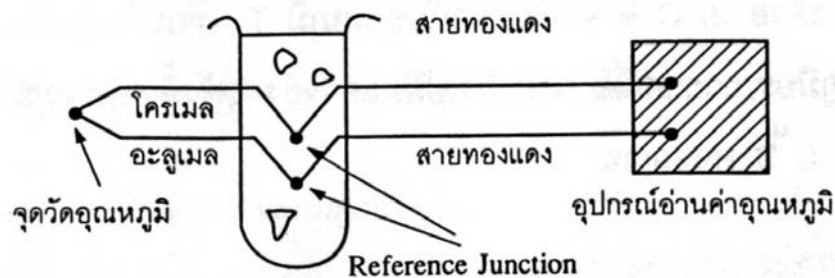
แบบ E สายบวกทำมาจากส่วนผสมระหว่าง โครเมียม 10% + 90% ของนิกเกิล และ สายลบทำมาจาก Constantan อุณหภูมิใช้งานปกติอยู่ระหว่าง -250°C ถึง 810°C เหมาะกับสภาพงานที่เป็น Oxidizing คุณสมบัติด้านอื่นๆ คล้ายกับเทอร์โมคัปเปิลแบบ K แต่ให้แรงเคลื่อนเอาต์พุตสูงกว่า



ภาพที่ 1.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้า กับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ E

ส่วนที่ได้รับความนิยมจะเป็นแบบ K และ J แต่ในการใช้งานของเทอร์โมคัปเปิลจำเป็นต้องมีวิธีการรักษาอุณหภูมิ ณ จุด Reference Junction ไว้อ้างอิงเสมอซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือ

วิธีที่ 1 ใช้น้ำแข็งบริสุทธิ์รักษาอุณหภูมิ ณ จุด Reference ที่ 0°C

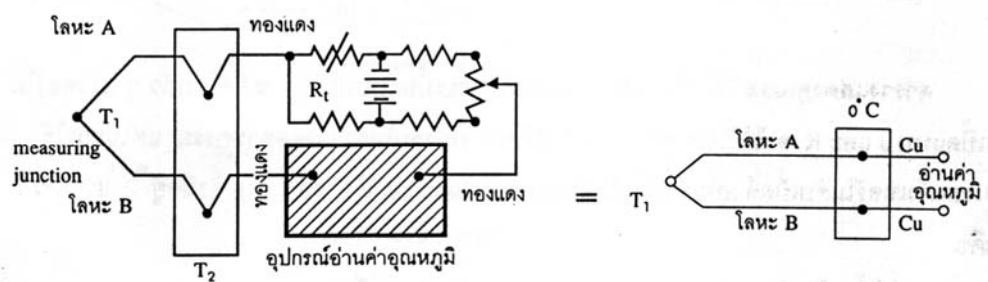


ภาพที่ 1.21 การรักษาอุณหภูมิ ณ จุด Reference Junction ด้วยน้ำแข็ง

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 20/33

วิธีที่ 2 ใช้วงจรไฟฟ้าแบบบริดจ์โดยใช้ความต้านทานที่แปรค่าได้ตามอุณหภูมิ (R_t) เช่น RTD หรือ เทอร์มิสเตอร์ต่ออยู่ในวงจรบริดจ์เป็นตัวขดเชยอุณหภูมิบรรยากาศที่เปลี่ยนไป โดยสมมุติว่า เทอร์โมคัปเปิลที่ใช้เป็นแบบ K อุณหภูมิบรรยากาศตอนนั้นเป็น 27°C ฉะนั้น V_t จะมีค่า 1.081 mV เมื่อรวมกับค่า mV จากเทอร์โมคัปเปิลก็จะมีค่าผลต่างของอุณหภูมิ T_1 และ T_2 บวกด้วย 27°C ซึ่งจะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิ T_1 เทียบกับจุดเยือกแข็งของน้ำ ค่า V_t จะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิบรรยากาศ เนื่องจากการเปลี่ยนค่าของ R_t ดังนั้นอุณหภูมิ T_1 ที่อ่านได้เสมือนเปรียบเทียบกับจุด 0°C อยู่ตลอดเวลาครอบโหลหะป้องกันตัวเทอร์โมคัปเปิล (Metal Sheath)

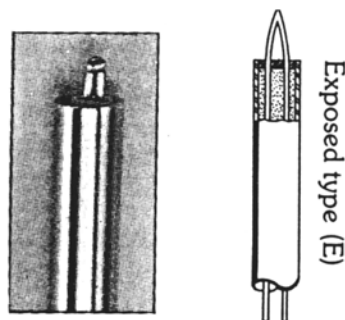
* สิ่งที่สำคัญที่ต้องระมัดระวัง คือ ไฟเลี้ยงวงจรจะต้องมีค่าคงที่ มิฉะนั้นค่าที่ได้จะผิดไป



ภาพที่ 1.22 การใช้วงจรไฟฟ้าแบบบริดจ์

เพื่อให้สภาพของเทอร์โมคัปเปิลเรียบร้อยแข็งแรงพร้อมใช้งานคู่สายของเทอร์โมคัปเปิลจะต้องประกอบอยู่ภายใน Metal Sheath และการประกอบจะมีอยู่ 3 วิธีคือ

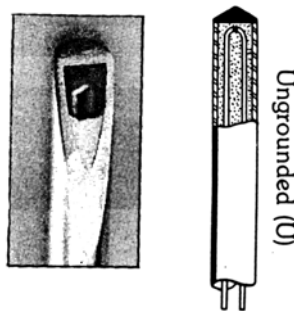
1. จุดต่อวัดแบบเปลือย (Exposed Junction) เหมาะสำหรับงานที่ Fluid ไม่มีการกัดกร่อน คือ ต้องการ ผลการวัดให้เร็วที่สุด แต่ก็มีผลเสีย คือ ชำรุดและเสียหายง่าย อายุการใช้งานสั้น และไม่เหมาะสำหรับงานความดันสูงหรือ Fluid ที่มีการกลั่นตัว



ภาพที่ 1.23 แบบ Exposed Junction

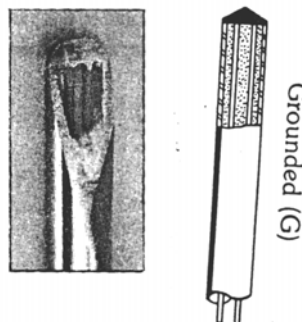
	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน	รหัสวิชา
		อุตสาหกรรม	3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 21/33

2. จุดต่อสำหรับวัดแบบไม่เชื่อมต่ออยู่กับตัวยึด (Ungrounded Junction) ออกแบบไว้ ใช้กับ Fluid ที่มีการกัดกร่อนและทนต่อสภาพความดันสูงๆ มีอายุการใช้งานยาวที่สุด แต่ก็มีข้อเสีย คือ ให้ผลการวัดต่ำเหมาะสำหรับงานที่อุณหภูมิที่ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงช้า



ภาพที่ 1.24 แบบ Ungrounded Junction

3. จุดต่อแบบ (Grounded) สายทั้งคู่ของเทอร์โมคัปเปิลถูกเชื่อมต่อลงบนส่วนปลาย เหมาะสำหรับงานที่มี Fluid ที่มีการกัดกร่อน ให้ผลการตอบสนองต่ออุณหภูมิไวกว่าแบบ Ungrounded ทนต่อสภาพงานที่มีความดันสูงได้



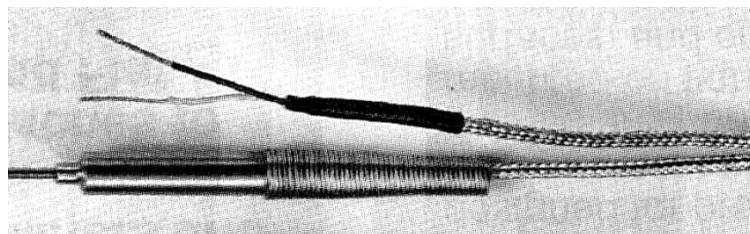
ภาพที่ 1.25 จุดต่อแบบ Grounded

ส่วนของ Metal Sheath เทอร์โมคัปเปิลแบบธรรมดาจะเป็นแบบสเตนเลสตีชนิดต่างๆ ทนอุณหภูมิสูงสุดได้ตั้งแต่ 843°C (304) ไปจนถึง 1053°C (1BUU 309) สำหรับการวัดอุณหภูมิสูงกว่านี้จะต้องใช้วัสดุอย่างอื่นเช่น โมลิบดีนัม แทนทาลัมเป็นต้น

ส่วนฉนวนของเทอร์โมคัปเปิลสำหรับกันตัวเทอร์โมคัปเปิลกับ Metal Sheath ส่วนใหญ่จะเป็นสารแมกนีเซียมออกไซด์ อลูมิเนียมออกไซด์และเซรามิกซึ่งเซรามิกสามารถทนได้ถึง 1900°C

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 22/33

สิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งของเทอร์โมคัปเปิลก็คือสายต่อสำหรับนำสัญญาณ ซึ่งเราจะต้องใช้สายที่คุณสมบัติเหมือนกับตัวโลหะที่ใช้ทำเทอร์โมคัปเปิล ซึ่งมีราคาแพงเมื่อเราต่อจุดที่ต้องการวัดออกไปไกลๆ เราจำเป็นต้องหาสายที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับสายเทอร์โมคัปเปิล ที่เราเรียกว่า สาย Extension Wire โดยที่สายนี้จะต้องมีคุณสมบัติการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าตามอุณหภูมิ (Thermoelectric) เหมือนกับเทอร์โมคัปเปิลในช่วงอุณหภูมิบรรยากาศ

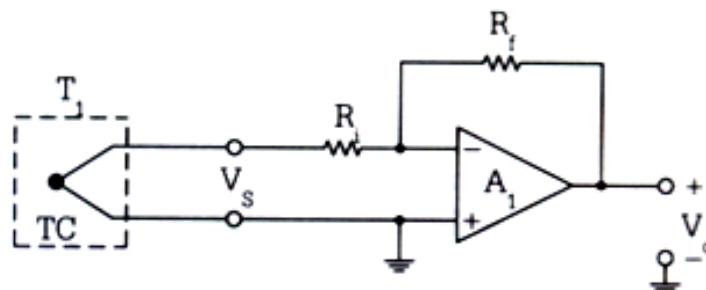


ภาพที่ 1.26 สาย Extension Wire

สายนี้ถูกหุ้มฉนวนที่มีซิลด์ป้องกันสนามแม่เหล็กภายนอกครบถ้วน เพราะสาย Extension Wire เป็นตัวนำไฟฟ้าเมื่อมีสนามแม่เหล็กภายนอกเปลี่ยนแปลงอาจเกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำ ทำให้ค่า mV ที่วัดได้ผิดไป

1.5.3 วงจรการต่อใช้งานเทอร์โมคัปเปิล

เป็นตัวอย่างการต่อใช้งานของเทอร์โมคัปเปิลในระบบเครื่องมือวัดทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งคุณสมบัติการทำงานของวงจรในแต่ละแบบ สามารถอธิบายได้ดังนี้

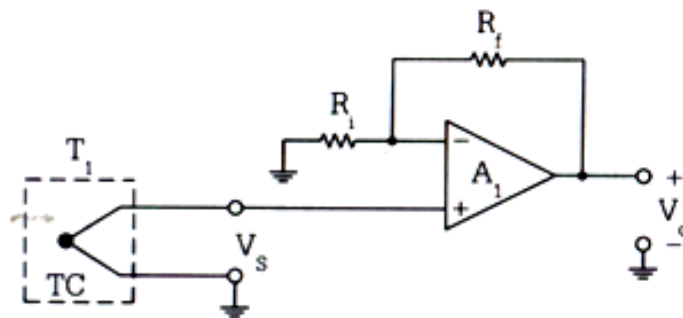


ภาพที่ 1.27 การต่อร่วมกับวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส

ภาพที่ 1.27 เป็นการนำเอาแรงดันเอาต์พุตของเทอร์โมคัปเปิลไปขยายสัญญาณให้มีขนาดใหญ่ขึ้นโดยใช้วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส (inverting amplifier) ซึ่งคุณสมบัติของวงจรขยาย

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 23/33

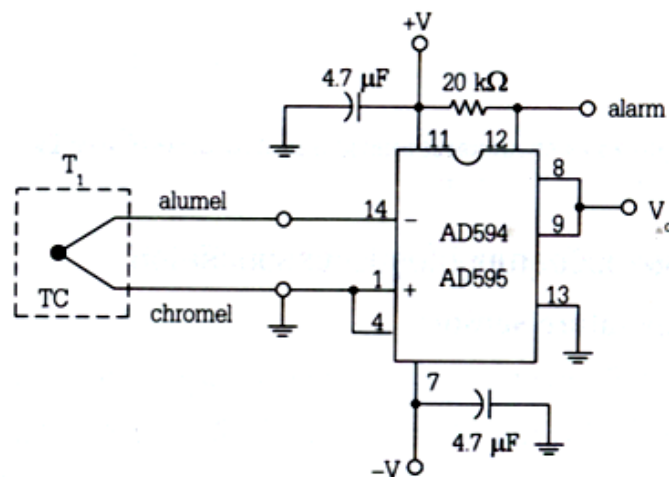
สัญญาณแบบนี้จะให้อัตราขยายมีค่าเท่ากับ $-(R_f/R_i)$ ดังนั้นจึงทำให้สามารถปรับแต่งแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากเทอร์โมคัปเปิลให้มีค่าเหมาะสมได้ด้วยการแปรค่าอัตราส่วนระหว่าง R_f กับ R_i เพื่อให้สอดคล้องเป็นไปตามความต้องการของวงจรรับสัญญาณในภาคถัดไป



ภาพที่ 1.28 การต่อร่วมกับวงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส

ภาพที่ 1.28 เป็นการขยายแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากเทอร์โมคัปเปิลโดยใช้วงจรขยาย

สัญญาณแบบไม่กลับเฟส (noninverting amplifier) ซึ่งมีอัตราขยายเท่ากับ $(1 + R_f/R_i)$



ภาพที่ 1.29 การต่อร่วมกับ AD594/AD595

ภาพที่ 1.29 เป็นวงจรการต่อเทอร์โมคัปเปิลทำงานร่วมกับไอซี AD594 หรือ AD595 ของบริษัท Analog Devices โดยที่ AD594/AD595 เป็นไอซีซึ่งภายในบรรจุขยายสัญญาณแบบอินสตรูเมนต์ (instrumentation amplifier) และวงจรการชดเชยอุณหภูมิจุดอ้างอิงของเทอร์โมคัปเปิล (thermocouple cold junction compensator) อยู่ในชิปเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชันการแจ้งเตือนสำหรับกรณีอุณหภูมิมีค่าเกินกว่าที่กำหนดไว้ด้วย

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 24/33
	1.6 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ		

การเลือกใช้อุปกรณ์เหล่านี้มีปัจจัยในการพิจารณาหลายอย่าง อาทิเช่น ข้อจำกัดต่างๆ ของเซนเซอร์เอง ขอบเขตในการวัด รวมทั้งชนิดของการวัดอุณหภูมิที่ต้องการ เป็นต้น นอกจากแนวความคิดที่เสนอและอธิบายไปแล้วนั้น เทคนิคการตรวจวัดอุณหภูมิกงต้องอาศัยประสบการณ์ และการดัดแปลงใช้เซนเซอร์ให้เหมาะสมกับชนิดของงานที่เป็นประการสำคัญอีกด้วย ไม่มีเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิตัวไหนที่ดีที่สุดสำหรับการวัดในทุก ๆ สถานการณ์ ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรู้ถึงคุณสมบัติในการใช้งานของเซนเซอร์แต่ละชนิดดังนี้

ตารางที่ 1.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางข้อดีของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

คุณสมบัติ	เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)	อาร์ทีดี (RTD)	เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)
Repeatability	2° F ถึง 15° F	0.05° F ถึง 0.1° F	0.2 ° F ถึง 2° F
เสถียรภาพการใช้งาน ที่อาจเปลี่ยนแปลงได้	1° F ถึง 2° F ต่อปี	น้อยกว่า 0.10 % ภายใน 5 ปี	0.2° F ถึง 5° F ภายใน 1 ปี
ความไวในการวัด	10 - 50 $\mu V / ^\circ C$	0.2 ถึง 10 $\Omega / ^\circ C$	100 - 1000 $\Omega / ^\circ C$
Interchangability	$\pm 0.75 \%$	$\pm 0.5 \%$	$\pm 0.5 \%$
ช่วงอุณหภูมิการวัด	-300° F ถึง 3100° F	-200° F ถึง 1600° F	-150° F ถึง 550° F
สัญญาณเอาต์พุต	0 - 60 mV	1 ถึง 6 V	1 ถึง 3 V
Power (สำหรับLoad 100 Ω)	1.6×10^{-7} Watt	4×10^{-2} Watt	8×10^{-1} Watt
ลิเนียริตี	ดี	ดี	ไม่ดี
ลักษณะโดยทั่วไป	ประหยัดที่สุดย่านการ ใช้งานสูงสุด	Accuracy ดี , มี เสถียรภาพ	มีความไวในการวัด สูงสุด
สัญญาณเอาต์พุต	0 - 60 mV	1 ถึง 6 V	1 ถึง 3 V

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน	รหัสวิชา
		อุตสาหกรรม	3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 26/33

1.7.1.1 ตัวอย่างการติดตั้งใช้งานในลักษณะต่างๆ



(ก)



(ข)

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน	รหัสวิชา
		อุตสาหกรรม	3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 27/33



(ค)

ภาพที่ 1.30 การติดตั้งใช้งานในลักษณะต่างๆ ของเซนเซอร์
ตรวจวัดอุณหภูมิแบบ อาร์ทีดี (RTD)

1.7.1.2 เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)

เทอร์มิสเตอร์เป็นเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเหมือนอาร์ทีดี แต่การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานจะกลับกันกับอาร์ทีดี คือ จะลดค่าความต้านทานลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ขอบเขตในการตรวจวัดอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์มีค่าทั่วไปอยู่ในช่วงประมาณ 173°K ถึง 573°K (-100°C ถึง +300°C) และรูปทรงของเทอร์มิสเตอร์สามารถออกแบบให้มีขนาดเล็กโดยที่ยังคงให้การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานภายในตัวมีค่าสูงอยู่ ซึ่งเป็นผลให้การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทำได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เทอร์มิสเตอร์ถูกนำไปใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิในบริเวณที่มีพื้นที่แคบ ๆ ได้เป็นอย่างดี

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	หน้าที่ 28/33

จากหลักการดังกล่าวสามารถนำเทอร์มิสเตอร์ไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ ดังนี้

- ในลักษณะของงานทางด้านการแพทย์
- การตรวจสอบอุณหภูมิของวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์
- การวัดระบบการทำความเย็นของหม้อน้ำใน

1.7.1.2.1 ตัวอย่างการติดตั้งใช้งานในลักษณะต่างๆ

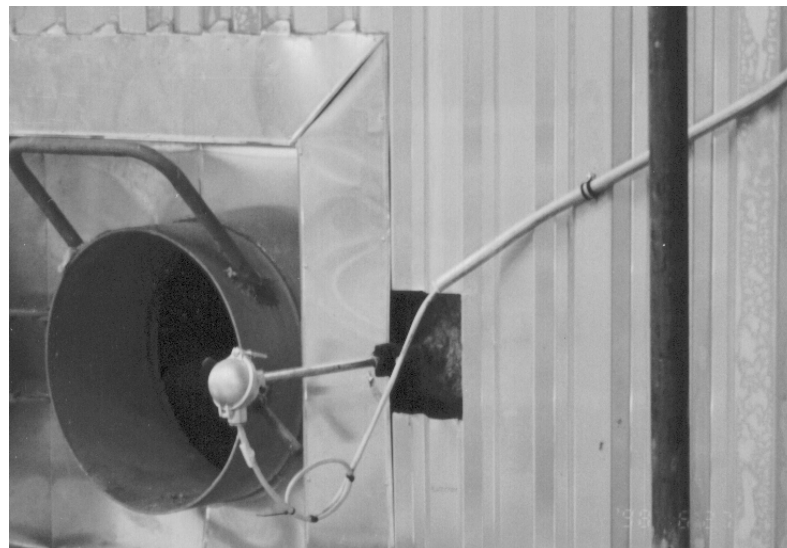


(ก)

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	แผ่นที่ 29/33



(ข)



(ค)

ภาพที่ 1.31 การติดตั้งใช้งานในลักษณะต่างๆ ของเซนเซอร์
ตรวจวัดอุณหภูมิแบบเทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	แผ่นที่ 30/33
1.7.1.3 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) เทอร์โมคัปเปิลที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีหลายชนิด ได้แก่ แบบ B , E , J, K , R , S ,T , แต่ละชนิดจะมีข้อแตกต่างทั้งในด้านคุณสมบัติและการใช้งานที่สำคัญ ได้แก่ 1. ชนิดของลวดโลหะที่ใช้ 2. ช่วงอุณหภูมิที่ใช้งาน 3. แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้ 4. เงื่อนไขบรรยากาศที่เหมาะสมแก่การใช้งาน 5. ลักษณะการเป็นเชิงเส้น (Linearity) ดังนั้น ในการใช้งานเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐานแต่ละชนิด จะสามารถนำไปวัดอุณหภูมิได้ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของงานและคุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชนิดนั้นด้วย ดังนี้ 1. เทอร์โมคัปเปิลแบบ S (Type S) - ขั้วบวกทำจากแพลตินัม โรเดียม 10% ขั้วลบทำจากแพลตินัม - ย่านวัดอุณหภูมิ (-50) ~ (1768 °C) ช่วงใช้งานสูงสุด (1400)~ (1600 °C) - ใช้ในงานวัดอุณหภูมิในอุตสาหกรรมกระเบื้องเคลือบ ดินเผา สุญกัมภ์ และ เซรามิก 2. เทอร์โมคัปเปิลแบบ R (Type R) - ขั้วบวกทำจากแพลตินัม โรเดียม 13% ขั้วลบทำจากแพลตินัม - ย่านวัดอุณหภูมิ (-50°)~(1768°C) ช่วงใช้งานสูงสุด (1400°)~(1600 °C) - แบบ Type R นี้การใช้งานเหมือน Type S แต่จะต้องมีท่อป้องกันที่ตัววัดอุณหภูมิของ Type R ด้วย 3. เทอร์โมคัปเปิลแบบ B (Type B) - ขั้วบวกทำจากแพลตินัมโรเดียม 30% ขั้วลบทำจากแพลตินัมโรเดียม 6% - ย่านวัดอุณหภูมิ (0°)~(1820 °C) ช่วงใช้งานสูงสุด (1500°)~(1700°C) - ใช้วัดอุณหภูมิในเตาเผาหลอม ในอุตสาหกรรมเครื่องประดับ - แบบ Type B นี้จะต้องมีท่อป้องกันที่ตัววัดอุณหภูมิเป็นแบบอมิโนปริสทรี ลักษณะเหมือน Type S , R แต่คุณสมบัติที่เด่นกว่า คือ แข็งแรง			

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน	รหัสวิชา
		อุตสาหกรรม	3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	แผ่นที่ 31/33
ทนทานและผิวค่อนข้างเรียบและลื่นกว่า 4. เทอร์โมคัปเปิลแบบ E (Type E) - ขั้วบวกทำจากนิกเกิล + โครเมียม 10% ขั้วลบทำจากคอนสแตนแตน - ย่านวัดอุณหภูมิ (-270°)~(1000°C) ช่วงใช้งานสูงสุด (700°)~(800°C) - ปัจจุบันไม่นิยมใช้งาน 5. เทอร์โมคัปเปิลแบบ T (Type T) - ขั้วบวกทำมาจากทองแดง ขั้วลบทำมาจากคอนสแตนแตน - ย่านวัดอุณหภูมิ (-270°)~(400°C) ช่วงใช้งานสูงสุด (200°)~(350°C) - แบบ Type T เป็นแบบที่ทนการกัดกร่อนในบรรยากาศที่มีความชื้นได้เป็นพิเศษ แต่ไม่เหมาะกับงานที่ต้องสัมผัสกับการแผ่รังสีโดยตรง 6. เทอร์โมคัปเปิลแบบ J (Type J) - ขั้วบวกทำมาจากเหล็ก ขั้วลบทำมาจากคอนสแตนแตน - ย่านวัดอุณหภูมิ (-210°)~(1200°C) ช่วงใช้งานสูงสุด (600°)~(700°C) - แบบ Type J การใช้งานต้องมีท่อป้องกันที่ตัววัดอุณหภูมิ ส่วนใหญ่จะใช้เป็นสแตนเลส - ปัจจุบันใช้กันมากพอสมควร แต่มีข้อเสียที่ขั้วบวกเป็นเหล็กจึงทำให้เกิดสนิม อายุการใช้งานจึงสั้นและมักจะมีปัญหาที่ขั้วต่อสายเมื่อเป็นสนิมจะทำให้การวัดอุณหภูมิผิดพลาดได้ 7. เทอร์โมคัปเปิลแบบ K (Type K) - ขั้วบวกทำมาจากนิกเกิล โครเมียม 10% ขั้วลบทำมาจากนิกเกิล+อลูมิเนียม 5% + ซิลิกอน - ย่านวัดอุณหภูมิ (-270°)~(1372°C) ช่วงใช้งานสูงสุด (1000°)~(1200°C) - แบบ Type K เป็นแบบที่ใช้แพร่หลายมากที่สุดในอุตสาหกรรมเนื่องจากมีแบบ และขนาดต่างๆ ให้เลือกใช้ ช่วงวัดอุณหภูมิกว้าง มีอายุการใช้งานยาวนาน ราคาไม่แพง - แบบ Type K การใช้งานต้องมีท่อป้องกันที่ตัววัดอุณหภูมิ ส่วนใหญ่จะใช้เป็นสแตนเลส			

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบเนื้อหา	แผ่นที่ 32/33

1.7.1.3.1 ลักษณะการติดตั้งใช้งานในอุตสาหกรรม

การติดตั้งใช้งานจะเหมือนกับอาร์ทีดีเกือบหมดจะต่างกันก็เฉพาะส่วนของเซนเซอร์เท่านั้นและข้อคำนึงในการติดตั้งใช้งานมีดังนี้

1. เลือกจุดที่ต้องการวัดหรือจุดที่ต้องการควบคุมเพื่อให้ได้วัตถุประสงค์ตามความต้องการ

2. จุดที่สัมผัสกับ Fluid ที่ต้องการวัดโดยตรงเพื่อให้ได้ผลตอบสนองที่รวดเร็ว

3. วัสดุที่ใช้ในการประกอบในการติดตั้งจะต้องดีด้วยและพยายามหลีกเลี่ยงจุดที่มีการสั่นสะเทือนและเทอร์โมเวลล์จะต้องทนต่อความดันที่เกิดจาก Velocity Head ของ Fluid ในท่อได้เพื่อไม่ให้เกิดการเบี่ยงเบนหรืองอ บิด เป็นต้น

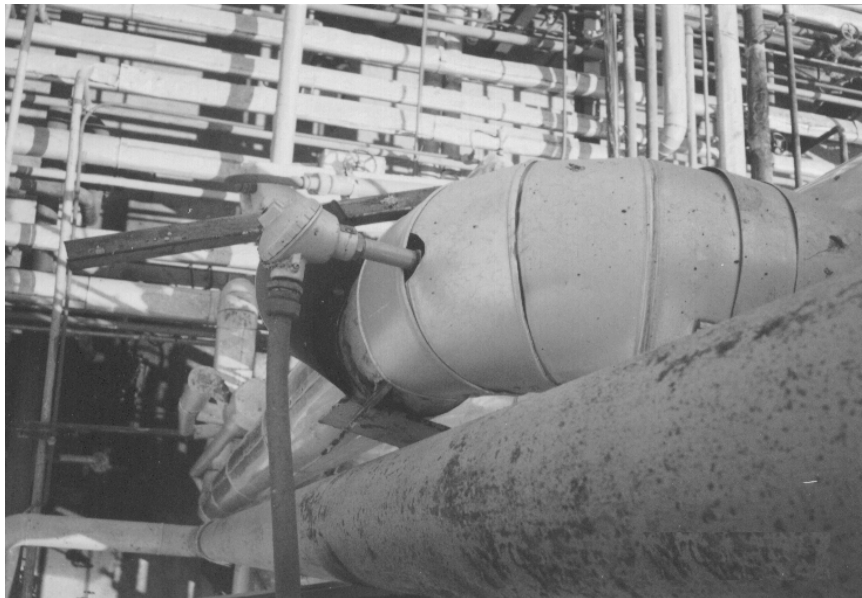
4. เลือกจุดที่สามารถทำการซ่อมบำรุงรักษาได้ง่ายและมีบรรยากาศถ่ายเทได้สะดวก

5. มีป้ายแขวนบอก TAG NO.เพื่อสะดวกในการเช็คและตรวจซ่อม

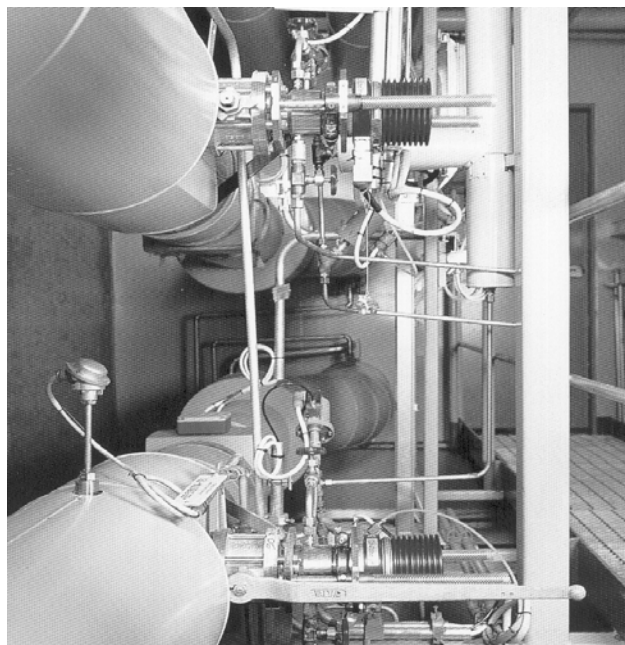


(ก)

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน	รหัสวิชา
		อุตสาหกรรม	3104 – 2007
		ใบเนื้อหา	แผ่นที่ 33/33



(ก)



(ค)

ภาพที่ 1.32 การติดตั้งใช้งานในลักษณะต่างๆ ของ
เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคัปเปิล

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบรายการถาม - ตอบ	แผ่นที่ 1/5
ลำดับขั้น	คำถาม	ขอบเขตคำตอบ	
<u>การนำเข้าสู่บทเรียน</u>	1. จากภาพ (ก) ถ้าให้ความร้อนที่ปลาย เส้นลวดทั้งสองจะมีอะไรเกิดขึ้น 2. จากภาพ (ข) ถ้าเปิดปลายอีกด้านหนึ่ง ออกและให้ความร้อนที่ขดลวด เหมือนเดิม จะมีอะไรเกิดขึ้น	1. มีความร้อนเกิดขึ้น และจะ เกิดกระแสไฟฟ้าไหลใน วงจรเส้นลวดทั้งสอง 2. จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้น ที่ปลายด้านที่เปิด หรือ “แรงดันไฟฟ้า” หรือไม่ ทราบ	
<u>วัตถุประสงค์ที่ 1</u>	3. ความหมายของการวัดอุณหภูมิคือ อะไร	3. เป็นการเปรียบเทียบระดับ ความร้อนที่ต้องการทราบค่า กับระดับความร้อนอ้างอิง	
<u>วัตถุประสงค์ที่ 2</u>	4. หน่วยที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิมีหน่วย อะไรบ้าง	4. มีอยู่ 3 หน่วยที่สำคัญ คือ - เซลเซียส (Celsius) - เคลวิน (Kelvin) - ฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit)	
<u>วัตถุประสงค์ที่ 3</u>	5. อาร์ทีดี(RTD) ย่อมาจากคำว่าอะไร 6. อาร์ทีดี มีความหมายว่าอย่างไร	5. (RTD) Resistance - Temperature Detector 6. เป็นอุปกรณ์ที่ใช้การ เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ พื้นฐาน	

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบรายการถาม - ตอบ	แผ่นที่ 2/5
ลำดับขั้น	คำถาม	ขอบเขตคำตอบ	
<u>วัตถุประสงค์ที่ 3 (ต่อ)</u>	7. อาร์ทีดี ทำมาจากอะไร 8. อาร์ทีดี มีหลักการทำงานอย่างไร	7. ทำด้วยลวดโลหะ ลวดโลหะ นี้จะพันอยู่บนแกนที่เป็น ฉนวนไฟฟ้าและมีคุณสมบัติ ทนต่อความร้อน 8. โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลง ค่าความต้านทานทางไฟฟ้า	
<u>วัตถุประสงค์ที่ 4</u>	9. ความยาวของสายมีผลต่อการวัด อุณหภูมิของ อาร์ทีดี หรือไม่ 10. การต่อ อาร์ทีดี ใช้งานมีวิธีการต่อกี่ แบบ 11. การต่อวงจรใช้งานของอาร์ทีดี แบบ ไหนนิยมใช้งานมากที่สุด	9. มี เพราะถ้าสายยาวมากๆ ก็ จะส่งผลให้ค่าที่อ่าน ผิดพลาดได้ 10. 3 แบบ 11. แบบที่ 3	
<u>วัตถุประสงค์ที่ 5</u>	12. เทอร์มิสเตอร์ ทำมาจากอะไร 13. เทอร์มิสเตอร์มีหลักการทำงาน อย่างไร	12. วัสดุประเภทสารกึ่งตัวนำ ซึ่งเป็นโลหะผสมระหว่าง ทองแดงกับโลหะออกไซด์ เช่น แมงกานีส นิกเกิล 13. ทำงานเหมือนกับ อาร์ทีดี แต่เทอร์มิสเตอร์จะทำงาน เมื่ออุณหภูมิลดลง	

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบรายการถาม - ตอบ	แผ่นที่ 3/5
ลำดับชั้น	คำถาม	ขอบเขตคำตอบ	
<u>วัตถุประสงค์ที่ 6</u>	14. การต่อวงจรเทอร์มิสเตอร์มักต่อใช้ วัดอุณหภูมิแบบใด 16. ความยาวของสายมีผลต่อการวัด อุณหภูมิหรือไม่	14. วัดอุณหภูมิช่วงแคบๆ 15. ไม่มี	
<u>วัตถุประสงค์ที่ 7</u>	17. โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล ประกอบไปด้วยอะไรบ้าง 18. โลหะที่ใช้ประกอบเป็นเทอร์โม คัปเปิลส่วนมาก เป็นโลหะ อะไรบ้าง 19. การเลือกวัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมคัปเปิล มีข้อพิจารณาอะไรบ้าง 20. เทอร์โมคัปเปิลมีหลักการทำงาน อย่างไร	17. ขั้วต่อสาย , หัวครอบจุดต่อ ท่อหุ้มป้องกัน , ท่อฉนวน ใส่เทอร์โมคัปเปิล 18. ได้แก่โลหะประเภท เหล็ก – คอนสแตนแตน , โครเมิล – อลูเมิล เป็นต้น 19. - ส่วนผสมของโลหะที่ใช้ ทำจะต้องไม่เปลี่ยน - แรงเคลื่อนเอาต์พุตที่มี เสถียรภาพ - ความแข็งแรงและทนต่อ สภาพแวดล้อม 20. เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิความ ร้อนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า	

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบรายการถาม - ตอบ	แผ่นที่ 4/5
ลำดับขั้น	คำถาม	ขอบเขตคำตอบ	
<u>วัตถุประสงค์ที่ 7(ต่อ)</u>	21. เทอร์โมคัปเปิลแบบไหนที่นิยมใช้มากที่สุด	21. แบบ K , J เพราะราคาถูก	
<u>วัตถุประสงค์ที่ 8</u>	22. ทำไมต้องต่อเทอร์โมคัปเปิลเข้ากับวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส	22. เพราะสามารถปรับแต่งแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากเทอร์โมคัปเปิลให้มีค่าเหมาะสมได้	
<u>วัตถุประสงค์ที่ 9</u>	23. คุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบไหนที่มีความเที่ยงตรงในการวัดมากที่สุด	23. แบบ อาร์ทีดี (RTD)	
	24. คุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบไหนที่มีโครงสร้างบอบบางและหักง่าย	24. แบบ เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)	
	25. คุณสมบัติของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบไหนที่มีราคาถูก ใช้งานง่าย และประยุกต์ใช้งานได้กว้างขวาง	25. แบบ เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)	
<u>วัตถุประสงค์ที่ 10</u>	26. เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบอาร์ทีดี ประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมประเภทใด	26. เช่น การผลิตอาหาร , การผลิตเบียร์ เป็นต้น	

	เรื่องที่ 1 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	วิชา ระบบควบคุมในงาน อุตสาหกรรม	รหัสวิชา 3104 - 2007
		ใบรายการถาม - ตอบ	แผ่นที่ 5/5
ลำดับชั้น	คำถาม	ขอบเขตคำตอบ	
<u>วัตถุประสงค์ที่10(ต่อ)</u>	27. เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบ เทอร์มิสเตอร์ นำไปประยุกต์ใช้ใน ลักษณะงานแบบใด	27. ในลักษณะของงานทางด้าน การแพทย์ , การตรวจสอบ อุณหภูมิของวงจรทาง อิเล็กทรอนิกส์	
	28. เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบ เทอร์โมคัปเปิล ประยุกต์ใช้งานใน อุตสาหกรรมประเภทใด	28. อุตสาหกรรมกระเบื้อง เคลือบ , อุตสาหกรรม เครื่องประดับ เป็นต้น	

แบบทดสอบท้ายบทเรียน

วิชา ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม เรื่อง เซนเซอร์

รหัสวิชา 3104-2007

เรื่องที่ 1: เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

คำชี้แจง 1. แบบทดสอบมีทั้งหมด 13 ข้อ

2. เวลาทั้งหมด 20 นาที

3. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณทุกชนิด

4. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. โครงสร้างของ RTD ที่เป็นแบบบวมีผลต่ออุณหภูมิอย่างไร

ก. อุณหภูมิเพิ่มตามแหล่งจ่าย

ข. อุณหภูมิลดตามความต้านทาน

ค. อุณหภูมิเพิ่มลดตามแหล่งจ่าย

ง. อุณหภูมิสูงขึ้นตามความต้านทาน

2. การนำ RTD ไปใช้งานที่การป้องกันการผิดพลาดควรคำนึงถึงข้อใดมากที่สุด

ก. อุณหภูมิที่ใช้

ข. ขนาดของสาย

ค. ความชื้นของสาย

ง. ความยาวของสาย

3. ความผิดพลาดจากการต่อวงจรแบบบริดจ์ของ RTD เกิดจากสาเหตุใด

ก. อุณหภูมิ

ข. ขนาดของสายไม่เท่ากัน

ค. ความต้านทานสายไม่เท่ากัน

ง. แบบของวงจรการต่อ

4. การต่อใช้งานอาร์ที.ดี มีกี่แบบ

ก. 1 แบบ

ข. 2 แบบ

ค. 3 แบบ

ง. 4 แบบ

5. เทอร์มิสเตอร์เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่มีโครงสร้างการผลิตจากวัสดุคล้ายกับข้อใด

ก. ตัวต้านทาน

ข. เซรามิกส์

ค. แมงกานีส

ง. โคบอลต์

6. ข้อใดคือสมการค่าความต้านทานไฟฟ้าของเทอร์มิสเตอร์

ก. $R_T = R_0 \exp \beta \left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right]$

ข. $R_T = R_0 (1 + \alpha T)$

$$ก. \quad R_T = \frac{R_0 \exp \beta}{\left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right]}$$

$$ง. \quad R_T = \frac{R_0}{(1 + \alpha T)}$$

7. ข้อใดกล่าวผิดเกี่ยวกับการใช้งานของเทอร์มิสเตอร์

- ก. แรงดันที่ตกคร่อมจะลดขณะที่กระแสเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ
- ข. ต่อร่วมกับวงจรบริดจ์เหมือนกับอาร์ทีดี
- ค. วัดอุณหภูมิในช่วงแคบๆ ได้ดี
- ง. ความยาวของสายมีผลต่อการวัดค่า

8. โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิลมีผลต่อข้อใด

- ก. ความต้านทานต่ำ สัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำ
- ข. ความต้านทานสูง สัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำ
- ค. ความต้านทานต่ำ สัมประสิทธิ์อุณหภูมิสูง
- ง. ความต้านทานสูง สัมประสิทธิ์อุณหภูมิสูง

9. ในทางอุตสาหกรรมเทอร์โมคัปเปิลแบบใดที่นิยมนำไปใช้มากที่สุด

- ก. แบบ J
- ข. แบบ B
- ค. แบบ K
- ง. แบบ T

10. จุดต่ออุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลมีกี่วิธี

- ก. 1 วิธี
- ข. 2 วิธี
- ค. 3 วิธี
- ง. 4 วิธี

11. จุดต่อเทอร์โมคัปเปิลแบบไหนที่ทนต่อการกัดกร่อนและความดันสูงได้ดี

- ก. แบบเปลือย
- ข. แบบไม่เชื่อมต่อกับตัวยึด
- ค. แบบ Grounded
- ง. แบบธรรมดา

12. “ให้ผลต่อการตอบสนองการวัดรวดเร็ว” เป็นคุณสมบัติของเซนเซอร์ข้อใด

- ก. อาร์ทีดี
- ข. เทอร์มิสเตอร์
- ค. เทอร์โมคัปเปิล
- ง. ถูกทุกข้อ

13. การประยุกต์ใช้งานของเทอร์มิสเตอร์ในข้อใด ที่เหมาะกับงานที่มีอุณหภูมิช่วงกว้างๆ

- ก. ระบบการควบคุมอุณหภูมิสูง ๆ
- ข. ระบบสารทำความเย็น
- ค. ระบบการทำความเย็นในตู้เย็น
- ง. ระบบทำความเย็นของหม้อน้ำในรถยนต์

กระดาษคำตอบ

ชื่อ

รหัสประจำตัว

วิชาที่สอบ

วันที่สอบ

คะแนน

เฉลยคำตอบแบบทดสอบหลังเรียนเรื่องที่ 1

ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				×	21					41				
2				×	22					42				
3	×				23					43				
4			×		24					44				
5		×			25					45				
6	×				26					46				
7				×	27					47				
8			×		28					48				
9			×		29					49				
10			×		30					50				
11			×		31					51				
12		×			32					52				
13				×	33					53				
14					34					54				
15					35					55				
16					36					56				
17					37					57				
18					38					58				
19					39					59				
20					40					60				

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ผลทางการเรียน

วิชา ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม เรื่อง เซนเซอร์

รหัสวิชา 3104-2007

คำชี้แจง 1. แบบทดสอบมีทั้งหมด 58 ข้อ

2. เวลาทั้งหมด 120 นาที
3. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณทุกชนิด
4. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. วัสดุในข้อใดที่ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ผลิต RTD เพราะเหตุใด

- ก. แพลตินัม เพราะความไวต่ำ
- ข. ทองคำ เพราะมีความอ่อนตัว
- ค. นิเกิล เพราะใช้กับย่านอุณหภูมิสูง ๆ
- ง. ทั้งสแตน เพราะมีค่าความต้านทานจำเพาะสัมพัทธ์สูง

2. ข้อใดกล่าวผิดเกี่ยวกับหลักการทำงานของอาร์ทีดี

- ก. อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานทางไฟฟ้า
- ข. ค่าความต้านทานจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิมีค่าสูงขึ้น
- ค. ค่าความต้านทานจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิ
- ง. ความร้อนที่อาร์ทีดีไม่มีผลต่อการทำงาน

3. ข้อใดกล่าวผิดเกี่ยวกับโครงสร้างของอาร์ทีดี

- ก. อาร์ทีดีทำด้วยลวดโลหะพันอยู่บนแกนที่เป็นฉนวนไฟฟ้า
- ข. ขดลวดทนต่ออุณหภูมิ และความสั่นสะเทือน
- ค. การพันขดลวดจะทำขณะขดลวดร้อน
- ง. ฉนวนของอาร์ทีดีทำงานจากพลาสติก

4. RTD แบบใดที่เหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ต่อใช้งานที่ต้องการความถูกต้องสูง

- | | |
|--------------|----------------------|
| ก. แบบ 2 สาย | ข. แบบ 3 สาย |
| ค. แบบ 4 สาย | ง. แบบ 4 สายลงกราวด์ |

5. RTD ที่เหมาะสำหรับการต่อใช้งานที่ไม่ต้องการความถูกต้องมากนัก

- | | |
|--------------|----------------------|
| ก. แบบ 2 สาย | ข. แบบ 3 สาย |
| ค. แบบ 4 สาย | ง. แบบ 4 สายลงกราวด์ |

6. โครงสร้างของเทอร์มิสเตอร์มีความสัมพันธ์ในข้อใด

- ก. อุณหภูมิต่อการตอบสนอง

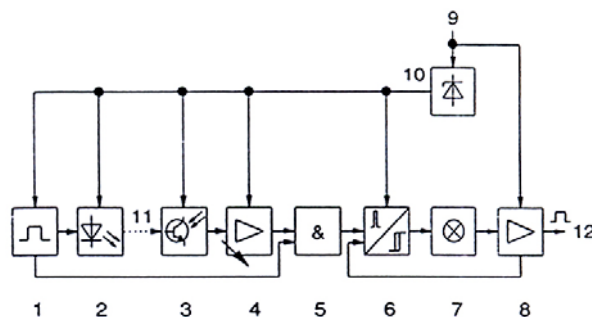
- ข. ความต้านทานต่ออุณหภูมิ
 - ค. การตอบสนองกับวัสดุที่ใช้ทำ
 - ง. ความไววัสดุที่ใช้ทำกับอุณหภูมิ
7. ข้อใดกล่าวผิดเกี่ยวกับคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์
- ก. อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน
 - ข. นิยมทำมาจากออกไซด์ของแมงกานีสกับทองแดง
 - ค. ความต้านทานจะลดเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น
 - ง. การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเหมือนกับอาร์ทีดี
8. ข้อใดเป็นโครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล
- ก. เป็นโลหะที่ขึ้นรูปได้ง่าย
 - ข. ขนาดของสายมีผลต่ออุณหภูมิ
 - ค. วัสดุที่ใช้ทำส่วนใหญ่เป็น โลหะ
 - ง. เป็นโลหะที่มีค่าความต่างชนิด 2 ตัว
9. การรักษาอุณหภูมิ ณ จุดอ้างอิงของเทอร์โมคัปเปิลมีกี่วิธี
- ก. 1 วิธี
 - ข. 2 วิธี
 - ค. 3 วิธี
 - ง. 4 วิธี
10. ข้อใดกล่าวผิดเกี่ยวกับวงจรการต่อใช้งานของเทอร์โมคัปเปิล
- ก. สายต่อนำสัญญาณต้องมีคุณสมบัติเหมือนกับตัวเทอร์โมคัปเปิล
 - ข. สารหุ้มฉนวนป้องกันสิ่งรบกวน
 - ค. ใช้ต่อวงจรเพื่อขยายสัญญาณ
 - ง. ต้องเป็นโลหะชนิดเดียวกัน
11. การต่อใช้งานเทอร์โมคัปเปิลมีลักษณะตามข้อใด
- ก. เพื่อขยายสัญญาณ
 - ข. ใช้วัดอุณหภูมิในช่วงแคบๆ
 - ค. ต่อร่วมกับวงจรบริดจ์จะอ่านค่าได้ละเอียดขึ้น
 - ง. ถูกทุกข้อ
12. “ต้องใช้แหล่งจ่ายจากภายนอกช่วย” เป็นคุณสมบัติของเซนเซอร์ข้อใด
- ก. อาร์ทีดี
 - ข. เทอร์มิสเตอร์
 - ค. เทอร์โมคัปเปิล
 - ง. อาร์ทีดี , เทอร์มิสเตอร์

13. การเลือกใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบ S สามารถประยุกต์ใช้ในงานแบบใด
 - ก. งานที่อยู่ในสถานะเฉื่อย
 - ข. งานที่มีปฏิกิริยาวิเศษ
 - ค. งานที่เป็นสุญญากาศ
 - ง. งานที่มีไอโลหะ
14. ข้อใดไม่ใช่เป็นหน่วยการวัดความดัน
 - ก. บาร์
 - ข. Psi
 - ค. ปาสคาล
 - ง. ปอนด์
15. การทำงานของมาโนมิเตอร์อาศัยหลักการในข้อใด
 - ก. ความสมดุลของความดัน
 - ข. ความตึงของของเหลว
 - ค. ค่าความแตกต่าง
 - ง. แรงโน้มถ่วง
16. คุณสมบัติของของเหลวที่เติมในมาโนมิเตอร์ มีคุณสมบัติอย่างไร
 - ก. เป็นสารที่ระเหยได้
 - ข. เป็นสารแขวนลอย
 - ค. เป็นสารที่มีความหนาแน่นสูง
 - ง. เป็นสารที่ไม่รวมตัวกับสารที่ต้องการวัด
17. ข้อใดกล่าวผิดเกี่ยวกับคุณสมบัติของมาโนมิเตอร์รูปตัว U
 - ก. เป็นท่อแก้วหรือพลาสติกโปร่งใสในรูปตัว U
 - ข. ความเร็วในการวัดขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลว
 - ค. อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความดันภายในท่อ
 - ง. ของเหลวแต่ละชนิดจะใช้ค่าความดันเท่ากัน
18. บุร்தองที่เหมาะสมสำหรับงานที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าอย่างรวดเร็วคือข้อใด
 - ก. บุร்தองแบบก้นหอย
 - ข. บุร்தองแบบขดซ้อน
 - ค. บุร்தองแบบตัว C
 - ง. บุร்தองแบบตัว C ที่มีไดอะแฟรมต่อร่วม
19. ผลเสียของบุร்தองที่ต้องอาศัยชุดเพื่องขับเคลื่อนในการวัดความดัน คือข้อใด
 - ก. ระยะเวลาวัดสั้น
 - ข. วัดค่าความได้มาก
 - ค. วัดค่าความดันได้หลายอย่าง
 - ง. ได้ค่าความดันต่ำได้ไม่ดี
20. ข้อดีของบุร்தองแบบขดซ้อนคือข้อใด
 - ก. ให้ระยะเวลาเคลื่อนที่สั้นที่สุด
 - ข. ให้ระยะเวลาเคลื่อนที่ยาวที่สุด
 - ค. มีการเคลื่อนที่ด้วยการโก่งตัว
 - ง. ใช้สปริงในการช่วยในการยืดเกาะ

21. การทำงานของไดอะแฟรมมีหลักการอย่างไร
- ก. ใช้หลักการ โกงตัว จากความดันไปในทิศทางที่ตรงกันข้าม
 - ข. ค่าความไวในการวัดสูงกว่าเครื่องมือวัดความดันตัวอื่นๆ
 - ค. ใช้หลักการ โกงตัว ไปตามทิศทางและขนาดของแรงดัน
 - ง. สามารถวัดค่าความดันต่ำๆ เท่านั้น
22. ข้อแตกต่างของไดอะแฟรมแบบแผ่นเรียบและแบบลอน คือข้อใด
- ก. แบบแผ่นเรียบมีค่าความเป็นเชิงเส้นดีกว่าแบบลอน
 - ข. แบบแผ่นเรียบมีค่าความเป็นเชิงเส้นน้อยกว่าแบบลอน
 - ค. แบบแผ่นเรียบมีทนความดันดีกว่าแบบลอน
 - ง. แบบแผ่นเรียบเคลื่อนที่ได้ดีกว่าแบบลอนแต่ทนต่อความดันได้น้อย
23. ข้อใดเป็นหลักการการทำงานของเบลโลว์
- ก. เปลี่ยนความดันเป็นแรงเคลื่อน
 - ข. เปลี่ยนความดันเป็นสัญญาณ
 - ค. เปลี่ยนความดันเป็นการเคลื่อนที่
 - ง. เปลี่ยนความดันเป็นกระแส
24. การทำงานของเบลโลว์เหมือนกับเครื่องมือวัดความดันแบบใด
- ก. ไดอะแฟรม
 - ข. บูร์ดองแบบตัว C
 - ค. บูร์ดองแบบขดซ้อน
 - ง. บูร์ดองแบบก้นหอย
25. ไดอะแฟรมมีข้อเด่นกว่าบูร์ดอง อย่างไร
- ก. ทนต่อความดันได้มากกว่า
 - ข. ทนต่อความไม่เป็นเชิงเส้นได้ดี
 - ค. สารที่ใช้วัดมีความดันต่ำกว่า
 - ง. ทนต่อความดันได้น้อยกว่า
26. จากคุณสมบัติของเบลโลว์ ข้อใดที่สามารถประยุกต์ใช้กับระบบงานควบคุมประเภทนิวมติกส์
- ก. มีขนาดเล็กทำให้ส่งและรับแรงขับของอุปกรณ์ที่มีความดันต่ำๆ ได้ดี
 - ข. ใช้กับอุปกรณ์อ่านค่าความดันสูงๆ ได้ดี
 - ค. มีขนาดเล็กจึงรับและส่งแรงขับได้น้อย
 - ง. ใช้วัดความดันอยู่ในย่าน 45- 60 PSI
27. คุณลักษณะของเซนเซอร์ประเภทพรีอักษิมิตี คือข้อใด
- ก. ตรวจจับชิ้นงานโดยตรง
 - ข. ตรวจจับชิ้นงานทางอ้อม
 - ค. ตรวจจับชิ้นงานที่มีการสั่น
 - ง. ตรวจจับที่ไม่สัมผัสชิ้นงานโดยตรง

28. หลักการทำงานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำจะมีลักษณะคล้ายกับเซนเซอร์แบบใด
- ก. ตัวเหนี่ยวนำ
 - ข. ออสซิลเลเตอร์
 - ค. สเตรณเกจ
 - ง. แสง
29. ส่วนประกอบของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำทางเดียวต่างจากแบบเหนี่ยวนำธรรมดาอย่างไร
- ก. มีขดลวดประกอบ 1 ชุดต่ออนุกรม
 - ข. มีขดลวดประกอบ 2 ชุดต่ออนุกรม
 - ค. สร้างวงจรความถี่ทำงาน 2 ตัว
 - ง. กระแสในขดลวดกำหนดทิศทางของการเคลื่อนที่ของวัตถุ
30. เซนเซอร์แบบเก็บประจุอาศัยหลักการทำงานในข้อใด
- ก. การส่งสัญญาณความถี่
 - ข. การกำเนิดความถี่
 - ค. การออสซิลเลเตอร์
 - ง. การแปลงสัญญาณคลื่นเป็นสัญญาณเสียง
31. ข้อใดต่อไปนี้มีผลต่อระยะการตรวจจับ
- ก. ขนาดของแผ่นโลหะ
 - ข. ผิวของแผ่นโลหะ
 - ค. ชนิดของแผ่นโลหะ
 - ง. ถูกทุกข้อ
32. ข้อใดกล่าวผิดเกี่ยวกับการติดตั้งพรีอักษมิติเซนเซอร์
- ก. ไม่ควรมีโลหะชนิดอื่นอยู่ใกล้กว่า 3 เท่าของระยะตรวจจับ
 - ข. การติดตั้งแบบตรงข้ามกันระยะห่างต้องไม่น้อยกว่า 8 เท่า
 - ค. การติดตั้งในแนวเดียวกันระยะห่างต้องไม่น้อยกว่า 1 เท่า
 - ง. ส่วนปลายของหัวตรวจจับต้องสูงในระดับเดียวกับโลหะ
33. การต่อเซนเซอร์แบบ 2 สาย ก่อให้เกิดผลของการใช้งานอย่างไร
- ก. แรงดันตกคร่อมโหลดน้อยลง
 - ข. กระแสรั่วไหลในวงจรมากขึ้น
 - ค. ค่าความต้านทานของวงจรสูง
 - ง. เกิดกระแสต่ำกว่าจุดโวลต์จิ่งมากที่สุด
34. ข้อใดคือความหมายของเซนเซอร์ชนิดใช้แสง
- ก. เป็นอุปกรณ์ตรวจจับวัตถุประกอบด้วยตัวรับและส่งแสง
 - ข. เป็นอุปกรณ์ที่รับสัญญาณไฟฟ้าแล้วเปลี่ยนเป็นกระแสไฟฟ้า

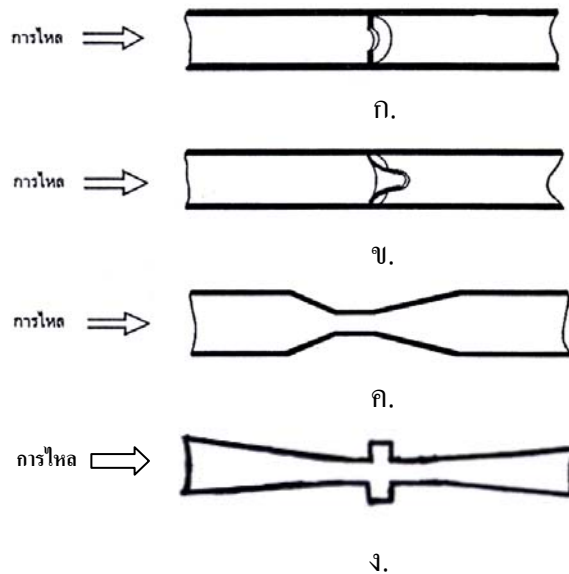
- ค. เป็นอุปกรณ์ที่รับแสงแล้วเปลี่ยนแปลงเป็นสัญญาณแม่เหล็ก
 - ง. ถูกทุกข้อ
35. ในอุตสาหกรรมเซนเซอร์ชนิดใช้แสงนิยมใช้ตัวกำเนิดแสงแบบใด
- ก. หลอดแบบมีไส้
 - ข. LED แบบแสงสีแดง
 - ค. LED แบบแสงอินฟราเรด
 - ง. แบบหลอด LED
36. ข้อใดคืออุปกรณ์รับแสงของเซนเซอร์ชนิดใช้แสง
- ก. เลเซอร์
 - ข. ออปโต
 - ค. เซกเมนต์
 - ง. ไฟโฟโตนิกส์
37. อุปกรณ์ตรวจจับแสงอาศัยสิ่งใดในการทำงาน
- ก. ความเข้มแสงที่ได้รับ
 - ข. ความถี่แสง
 - ค. ความเข้มของสี
 - ง. ความยาวคลื่น
38. เซนเซอร์ชนิดใช้แสงมีเทคนิคในการรับส่งลำแสงกี่วิธี
- ก. 1 วิธี
 - ข. 2 วิธี
 - ค. 3 วิธี
 - ง. 4 วิธี



จากภาพใช้ตอบคำถามข้อที่ 39-40

- [illegible]

- ข. ให้อัตถุเคลื่อนที่ผ่านจุดที่แยกสัญญาณ
 - ค. ให้อัตถุเคลื่อนที่จากส่วนที่รับสัญญาณ
 - ง. ให้อัตถุเคลื่อนที่เข้า – ออกที่จุดรับสัญญาณ
42. ข้อใดคือหลักการทำงานของเซนเซอร์แบบตรวจจับโดยตรง
- ก. อาศัยวัตถุแผ่นเรียบในการสะท้อนกลับ
 - ข. อาศัยวัตถุในการสะท้อนกลับ
 - ค. อาศัยตัวรับแสงสะท้อนกลับ
 - ง. อาศัยสัญญาณกระทบวัตถุ
43. ข้อแตกต่างของพรีอักษิมิตีและเซนเซอร์ชนิดใช้แสง คือข้อใด
- ก. ราคาแพง , ราคาแพง
 - ข. ติดตั้งง่าย , ใช้น้ำที่ติดตั้งน้อย
 - ค. รวดเร็วในการวัด , ระยะการตรวจจับไกล
 - ง. ทั้งข้อ ข และ ค ถูก
44. การเลือกใช้เซนเซอร์ชนิดใช้แสง สิ่งที่ต้องคำนึงถึงมากที่สุดคือข้อใด
- ก. สภาพของสิ่งแวดล้อม
 - ข. ระยะห่างของตัวตรวจวัด
 - ค. สภาพของวัตถุที่ตรวจจับ
 - ง. ความเร็วในการตรวจจับ
45. คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของของไหลชนิดใดที่มีผลต่อตัวแปรอื่นมากที่สุด
- ก. อุณหภูมิ
 - ข. ความดัน
 - ค. ความหนาแน่น
 - ง. ค่าความหนืด
46. ข้อใดกล่าวผิดเกี่ยวกับข้อแตกต่างระหว่างปริมาณการไหลกับอัตราการไหล
- ก. “ปริมาณการไหล” ผลการวัดจะเป็นจำนวน
“อัตราการไหล” ผลจะเป็นปริมาณต่อหน่วยเวลา
 - ข. “ปริมาณการไหล” ไม่จำเป็นต้องไหลอย่างต่อเนื่อง
“อัตราการไหล” ไหลเป็นสายอย่างต่อเนื่อง
 - ค. ทั้งสองแบบมีส่วนประกอบ “ปฐมภูมิ” และ “ทุติยภูมิ” เหมือนกัน
 - ง. มีความดันสูญเสียจากการวัดการไหลเหมือนกัน



“ถ้าท่อทั้งสามมีของไหล ไหลผ่านด้วยอัตราการไหลที่เท่ากัน” จากภาพและข้อความดังกล่าว ใช้ตอบคำถามข้อที่ 47-49

47. ความดันสูญเสียในท่อ.....จะน้อยที่สุด

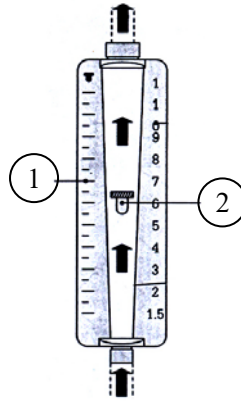
- | | |
|----------|----------|
| ก. ภาพ ก | ข. ภาพ ข |
| ค. ภาพ ค | ง. ภาพ ง |

48. อุปกรณ์ที่ขวางทางไหลในท่อ.....สร้างได้ง่ายที่สุด

- | | |
|----------|----------|
| ก. ภาพ ก | ข. ภาพ ข |
| ค. ภาพ ค | ง. ภาพ ง |

49. ฝุ่นและตะกอนที่ปนมากับของไหลจะมีผลต่ออุปกรณ์ในข้อ.....มากที่สุด

- | | |
|----------|----------|
| ก. ภาพ ก | ข. ภาพ ข |
| ค. ภาพ ค | ง. ภาพ ง |



จากภาพเป็นโครงสร้างของโรตามิเตอร์ ใช้ตอบคำถามข้อที่ 50-51

50. หมายเลข 1 คือโครงสร้างในข้อใด

- | | |
|-----------------|--------------------|
| ก. ระดับอ้างอิง | ข. สเตลการวัด |
| ค. ลูกลอย | ง. ช่องผ่านแนวตั้ง |

51. หมายเลข 2 คือโครงสร้างในข้อใด

- | | |
|-----------------|--------------------|
| ก. ระดับอ้างอิง | ข. สเตลการวัด |
| ค. ลูกลอย | ง. ช่องผ่านแนวตั้ง |

52. ของเหลวที่มีสารแขวนลอยปะปนอยู่ ต้องใช้เครื่องมือในข้อใด

- | | |
|-----------------------------|----------------|
| ก. แบบ Countorpropagating | ข. แบบ Doppler |
| ค. แบบทรานสดิวเซอร์คู่เดียว | ง. ถูกทุกข้อ |

53. ข้อใดกล่าวผิดเกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องวัดการไหลแบบอัลตราโซนิก

- | |
|--|
| ก. อาศัยคลื่นความถี่เหนือเสียง |
| ข. อาศัยหลักการแตกต่างของความเร็วคลื่น |
| ค. อาศัยหลักการสะท้อนกลับของคลื่นความถี่ |
| ง. อาศัยการหักล้างกันของคลื่นความถี่ และความเร็ว |

54. แบบลูกสูบหมุนส่วนใดที่เป็นตัวจำกัดปริมาตรของของเหลวให้คงที่ คือข้อใด

- | | |
|---------------|-------------|
| ก. ลูกสูบหมุน | ข. เฟลาหมุน |
| ค. ผนังกั้น | ง. โครง |

55. แบบโอวอลส่วนใดที่เป็นตัวกำหนดปริมาณของการไหล คือข้อใด

ก. ล้อวงรี

ข. แกนหมุนของล้อวงรี

ค. พนักและช่องการวัด

ง. ช่องทางเข้าและทางออก

56. แบบโอวอลส่วนที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวในการวัด คือข้อใด

ก. ล้อวงรี

ข. แกนหมุนของล้อวงรี

ค. พนักและช่องการวัด

ง. ช่องทางเข้า และทางออก

57. “วัดการไหลได้ทั้งสองทิศทาง” เป็นคุณสมบัติของเซนเซอร์ ข้อใด

ก. โรตารีมิเตอร์

ข. ท่อเวนจูรี

ค. อัลตราโซนิก

ง. แบบลูกสูบ

58. ของเหลวที่มีค่าความหนืดสูงๆ มีผลต่อเซนเซอร์ ข้อใด

ก. แผ่นออริฟิส

ข. ท่อเวนจูรี

ค. นี้อทเชิล

ง. โอวอล

กระดาษคำตอบ

ชื่อ

รหัสประจำตัว

วิชาที่สอบ

วันที่สอบ

คะแนน

เฉลยคำตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
1		×			21			×		41	×			
2				×	22		×			42		×		
3				×	23			×		43				×
4			×		24		×			44			×	
5	×				25				×	45	×			
6		×			26				×	46				×
7			×		27				×	47			×	
8				×	28			×		48	×			
9		×			29				×	49		×		
10				×	30		×			50		×		
11				×	31				×	51			×	
12	×				32				×	52	×			
13	×				33		×			53				×
14				×	34	×				54	×			
15	×				35				×	55	×			
16				×	36				×	56		×		
17				×	37		×			57			×	
18	×				38		×			58				×
19	×				39	×				59				
20		×			40				×	60				

ภาคผนวก ฅ

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายรัชภูมิ ศรีภูธร
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การสร้างชุดการสอนเรื่อง เซนเซอร์ วิชาการระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม
ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
สาขาวิชา : ไฟฟ้า

ประวัติ

ประวัติส่วนตัว

เกิดเมื่อวันที่ 3 มิถุนายน 2520 ที่บ้านเลขที่ 121 ม.10 ถ.พิศาลบุรณะ ต.โนนสัง
อ.โนนสัง จ.หนองบัวลำภู บิดาชื่อ อาจารย์ไพยม มารดาชื่อ อาจารย์นิรมล มีพี่น้องทั้งหมด 2 คน เป็นบุตรคนที่หนึ่ง

ประวัติการศึกษา

- 2539 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง
วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี
- 2540 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาไฟฟ้า-เครื่องกล
วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี
- 2544 ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ประวัติการทำงาน

- 2544-2546 ทำงานในตำแหน่ง หัวหน้าแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง
โรงเรียนเทคโนโลยีชั้นชมไทยเยอรมันสระบุรี
- 2546-2549 ทำงานในตำแหน่งอาจารย์ประจำหมวดวิชาติดตั้งไฟฟ้า
และปรับอากาศ แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง
โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ขส.ทบ
- 2549-ปัจจุบัน ทำงานในตำแหน่งวิศวกรไฟฟ้า
บริษัท เอส ที คอนโทรล จำกัด

