ระบบพลังงานจากชีวมวล
ENERGY SYSTEM FROM BIOMASS FUEL

โดย

นายธีรโชติ สรเดช

นายศิรสิทธิ์ เย็นชื่น

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระบบพลังงานจากชีวมวล
ENERGY SYSTEM FROM BIOMASS FUEL

T149406

โดย

นายธีรโชติ	สรเดช	56010614
นายศิรสิทธิ์	เย็นชื่น	56011211

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ. สมภพ แก้วมีชัย

b 12885551
i

สมุด 149406
เลขทะเบียน
วัน เดือน ปี 7 มิ.ย. 2561

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว
(.....)
อาจารย์ที่ปรึกษา
18/7/60

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว
(.....)
กรรมการผู้ตรวจชิ้นงาน
18/7/60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2559
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ระบบพลังงานจากชีวมวล
ENERGY SYSTEM FROM BIOMASS FUEL

ผู้จัดทำ
1. นายธีรโชติ สรเดช 56010614
2. นายศิรสิทธิ์ เย็นชื่น 56010900

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ. สมภพ แก้วมีชัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือ และความร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่าย บุคคลแรกที่ผู้จัดทำต้องขอกล่าวถึง คือ ผศ.สมภพ แก้วมีชัย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่คอยให้คำปรึกษา เอาใจใส่ คอยย้ำเตือนในช่วงระยะเวลาของการวางแผนการดำเนินงาน และให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีโดยตลอดมา

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับผู้จัดทำ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้กันโดยตลอดมา จนทำให้โครงงานฉบับนี้ลุล่วงไปได้ระดับหนึ่ง

และอันดับสุดท้าย ต้องกราบขอบพระคุณบุคคลที่สุดอันหาที่ทดแทนไม่ได้ ที่ทำให้ผู้จัดทำมีวันนี้ได้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรัก ที่ให้กำเนิดและเลี้ยงดูสั่งสอนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และให้กำลังใจ เอาใจใส่และให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบไม่ได้

นายธีรโชติ สรเดช
นายศิรสิทธิ์ เย็นชื่น
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบพลังงานชีวมวล
ENERGY SYSTEM FROM BIOMASS FUEL

โดย นายธีรโชติ สรเดช 56010614
นายศิรสิทธิ์ เย็นชื่น 56011211

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. สมภพ แก้วมีชัย

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการนำเสนอระบบพลังงานไอน้ำ โดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในการต้มน้ำในหม้อต้มให้กลายไอน้ำและต้มต่อเนื่องจนได้อุณหภูมิและแรงดันที่จะนำไปดันลูกสูบให้ทำงานได้ตามที่ต้องการ ซึ่งลูกสูบจะมี 2 ชุดแยกกันทำงาน ลูกสูบจะขึ้นอยู่กับระบบวาล์วไอดี-ไอเสียทั้ง 2 ชุด และที่วาล์วไอดี-ไอเสียจะทำงานสัมพันธ์กันกับกระบอกสูบ ลูกสูบจะส่งกำลังงานผ่านระบบสายพานส่งกำลังงานไปยังไดนาโมเพื่อผลิตไฟฟ้าให้ได้ตามที่ต้องการ โดยใช้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เก็บค่าแรงดันและอุณหภูมิเพื่อนำมาคำนวณหาปริมาตรน้ำในหม้อต้มไอน้ำและแสดงผลค่าแรงดัน อุณหภูมิ ปริมาตรน้ำในหม้อต้มไอน้ำ

ABSTRACT

THIS PROJECT IS ENERGY SYSTEM FROM BIOMASS FUEL. USING BOILER BOIL A WATER INTO STEAM AND BOIL UNTIL THE TEMPERATURE AND PRESSURE NEEDED TO PUSH THE PISTON TO MAKE IT WORK. AS NEEDED THE PISTONS WILL HAVE TWO SEPARATE SETS OF WORK. PISTONS ARE BASED ON A SYSTEM OF EXHAUST AND INTAKE VALVE - EXHAUST AND INTAKE VALVE WORKING RELATIONSHIP WITH THE CYLINDER. THE PISTONS WILL PRODUCE POWER THROUGH THE POWER TRANSMISSION INTO DYNAMO. USING MICROCONTROLLER TO STORAGE PRESSURE AND TEMPERATURE TO BRING THE CALCULATED VOLUME OF WATER IN THE BOILER WATER.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		I
บทคัดย่อ		II
สารบัญ		III
สารบัญรูป		V
สารบัญตาราง		VII
บทที่ 1	**บทนำ**	
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	1
	1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
บทที่ 2	**ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง**	
	2.1 หลักการทำงานของรถจักรไอน้ำ	3
	2.2 ไอน้ำ	7
	2.3 ระบบไอน้ำ	14
	2.4 ระบบลูกสูบ	18
	2.5 ระบบสายพาน	19
	2.6 กังหันไอน้ำ	20
	2.7 อาดูโน่	25
	2.8 จอแสดงผลแอลซีดี	29
	2.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ	31
	2.10 ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับวัดความเร็วรอบ	34
	2.11 ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับวัดกระแสไฟฟ้า	36
	2.12 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	38
บทที่ 3	**การออกแบบและการจัดทำโครงงาน**	
	3.1 การออกแบบบล็อกไดอะแกรม	40
	3.2 การออกแบบระบบในส่วนของฮาร์ดแวร์ (HARDWARE)	41
	3.3 ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์	45
	3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	48
	3.5 ขั้นตอนการทดลอง	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองในส่วนหม้อต้มไอน้ำ 55

4.2 ผลการทดลองในส่วนของลูกสูบ 59

4.3 ผลการทดลองในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ 61

4.4 ปัญหาการทดลอง 64

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล 70

5.2 ข้อเสนอแนะ 70

บรรณานุกรม 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	บล็อกไดอะแกรมของระบบ	2
2.1	การทำงานของเครื่องจักรไอน้ำ	5
2.2	จังหวะที่ 1	5
2.3	จังหวะที่ 2	6
2.4	ความร้อนจำเพาะ	7
2.5	แสดงค่าความจุความร้อนเทียบกับอุณหภูมิ	8
2.6	การเปรียบเทียบความร้อนสัมผัส	8
2.7	การเปรียบเทียบค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ	9
2.8	ความจุความร้อนไอน้ำ	10
2.9	แสดงค่าความร้อนแฝงในน้ำเดือดจะเท่ากับค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ	10
2.10	แสดงความสัมพันธ์ของจุดอิ่มตัวของน้ำ	11
2.11	แสดงค่าไอน้ำยิ่งยวด	12
2.12	แสดงความสัมพันธ์ค่าต่าง ๆ ของไอน้ำ	13
2.13	ตัวอย่างหม้อต้มไอน้ำ (BOILER)	15
2.14	ท่อไอน้ำ	16
2.15	เกจวัดแรงดันที่มีระยะวัด 0-10 BAR	16
2.16	เซฟตี้วาล์ว	17
2.17	องค์ประกอบของเซฟตี้วาล์ว	17
2.18	จังหวะอัดของลูกสูบ	18
2.19	จังหวะคายของลูกสูบ	19
2.20	การทำงานของสายพานส่งกำลัง	20
2.21	การทำงานของกังหันไอน้ำ	21
2.22	การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม	21
2.23	การทำงานของกังหันแบบอิมพัลส์ (IMPULSE TURBINE)	22
2.24	การทำงานของแบบรีแอคชัน (REACTION TURBINE)	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.25	ไดอะแกรมการทำงานของกังหันแบบอิมพัลส์ (IMPULSE TURBINE) และแบบรีแอคชัน (REACTION TURBINE)	23
2.26	โครงสร้างของโรงไฟฟ้า	24
2.27	บอร์ด Arduino UNO R3	25
2.28	การเขียนโปรแกรมบนอาดูโน	27
2.29	รุ่นบอร์ดอาดูโนที่ต้องการอัพโหลด	27
2.30	หมายเลข COMPORT ของบอร์ด	28
2.31	กดปุ่ม VERIFY เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ COMPILE โค้ดโปรแกรม	28
2.32	UPLOAD โค้ดโปรแกรม	29
2.33	จอแสดงผลแอลซีดี	29
2.34	วงจรภายในระหว่างจอแอลซีดีกับบอร์ด I^2C	31
2.35	การเชื่อมต่อระหว่างอาร์ดูอิโน่กับจอแอลซีดี (I^2C)	31
2.36	คำอธิบายขาต่าง ๆ ของไอซี MAX6675	32
2.37	คลื่นสัญญาณดิจิทัลของบัส SPI ในการสื่อสารข้อมูลกับไอซี MAX6675	33
2.38	ตัวอย่างโมดูล MAX6675	34
2.39	ตัวอย่างการติดกระดาษสีดำที่รองรับอินฟราเรด	35
2.40	ขาของเซนเซอร์แสงอินฟราเรดแบบสะท้อนกลับ TCRT5000	35
2.41	เซนเซอร์วัดกระแส ACS714	36
2.42	บอร์ดเซนเซอร์ ACS714	37
2.43	วงจรบอร์ดเซนเซอร์ ACS714	37
2.44	ตัวอย่างการต่อการใช้การ ACS714 ร่วมกับ Arduino	38
2.45	ไดนาโมกระแสสลับ	39
2.46	ไดนาโมกระแสตรง	39
3.1	บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ	40
3.2	การออกแบบหม้อต้ม	41
3.3	บล็อคไดอะแกรมการทำงานของหม้อต้มไอน้ำ	42
3.4	การออกแบบลูกสูบ	43
3.5	แบบผ่าซีกของเสื้อสูบ	44
3.6	ลูกสูบ	44
3.7	บล็อกไดอะแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ	45
3.8	บล็อกไดอะแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับวัดความเร็วรอบ	46
3.9	บล็อคไดอะแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับวัดกระแส	47
3.10	ชุดหม้อต้มไอน้ำขนาด 47.5 ลิตร	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่

3.11	เซฟตี้วาล์ว	49
3.12	เกจวัดแรงดันมีระยะวัดที่ 0-10 BAR	49
3.13	ชุดลูกสูบ	50
3.14	เตรียมอุปกรณ์การต้มน้ำ	50
3.15	เติมน้ำตามที่ได้กำหนดไว้	51
3.16	ต้มน้ำ	51
3.17	วัดอุณหภูมิและเก็บผลการทดลอง	52
3.18	วัดแรงดันและเก็บผลการทดลอง	52
3.19	ติดตั้งลูกสูบสองตัว	53
3.20	ติดตั้งชุดเปิดปิด ไอน้ำขาเข้า-ขาออก	53
3.21	ชุดลูกสูบ	54
4.1	การเก็บค่าความดัน	56
4.2	การเก็บค่าอุณหภูมิ	57
4.3	เกจวัดแรงดัน	58
4.4	ลูกสูบก่อนส่งแรงดันเข้ากระทำ	59
4.5	ลูกสูบหลังส่งแรงดันเข้ากระทำ	59
4.6	ทดลองการใช้มอเตอร์มาหมุนเพลา	60
4.7	สเปคของมอเตอร์	60
4.8	ผลการทดลองวัดอุณหภูมิ	61
4.9	ผลการทดลองวัดความเร็วรอบ	62
4.10	การทดลองเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ	62
4.11	การทดลองเซ็นเซอร์วัดความเร็วรอบ	63
4.12	วาล์วไอดี-ไอเสียในแนวนอน	64
4.13	วาล์วไอดี-ไอเสียในแนวตั้ง	64
4.14	ชุดลูกสูบ	65
4.15	เพลาลูกสูบ	65
4.16	ฐานรองกระบอกสูบ	66
4.17	ฐานรองกระบอกสูบ	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.18 วาล์วไอดี-ไอเสียแบบใหม่ 67
4.19 วาล์วไอดี-ไอเสียแบบเก่า 67
4.20 วาล์วไอดี-ไอเสียแบบเก่าเทียบกับกระบอกสูบ 68
4.21 วาล์วไอดี-ไอเสียแบบใหม่เทียบกับกระบอกสูบ 68
4.22 ลูกสูบที่ไม่มีแหวนกับลูกสูบที่มีแหวน 69
4.23 แยกชิ้นส่วนเพลาลูกสูบ 69
4.24 ชิ้นส่วนของเพลาลูกสูบ 70
4.25 ปรับแต่งฐานรองกระบอกสูบ 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

รูปที่

2.1 ชนิดของตัวแปรในภาษาซี 27
2.2 การควบคุมการแสดงผลของจอแอลซีดี (I²C) 31
2.3 คำอธิบายขาต่าง ๆ ของไอซี MAX6675 34
4.1 ผลการทดลอง 56
4.2 ตารางค่าอุณหภูมิกับความดันจากทฤษฎี 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการดำรงชีวิตของมนุษย์จำเป็นต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเราจำเป็นต้องมีทางเลือกในการผลิตไฟฟ้าไม่ว่าจากพลังงานลม น้ำ หรือความร้อน ในกระบวนการผลิตพลังงานต่าง ๆ ยังมีหลายปัจจัยที่จำเป็นจะต้องศึกษา โดยที่โครงงานนี้เป็นโครงงานที่คิดค้นเพื่อออกแบบระบบพลังงานที่สามารถนำชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งช่วยลดคาใช้จ่ายด้านพลังงานและมลพิษที่ปลอยสู่สิ่งแวดล้อม ทางผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานนี้จะสามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานได้

1.2 วัตถุประสงค์

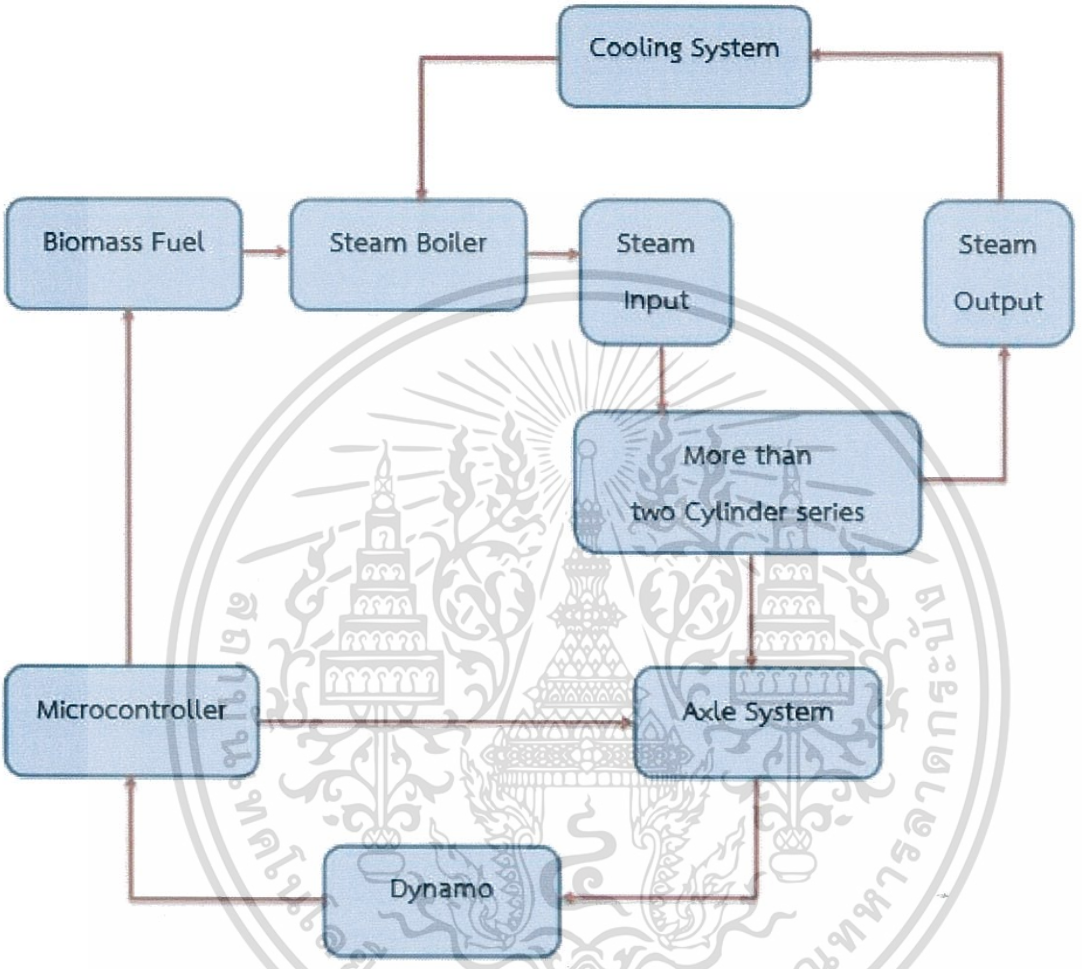
1. เพื่อศึกษาระบบพลังงานไอน้ำ
2. เพื่อศึกษาระบบลูกสูบที่ทำงานสัมพันธ์กัน ไม่น้อยกว่าสองกระบอกสูบ
3. เพื่อศึกษาระบบการทดแรงของเพลา
4. เพื่อศึกษาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

สร้างระบบพลังงานไอน้ำที่สามารถนำเชื้อเพลิงจากชีวมวลขับเคลื่อนลูกสูบ 2 กระบอกสูบมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าไดนาโม มีไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บค่าแรงดันและอุณหภูมิเพื่อนำมาคำนวณหาปริมาตรน้ำในหม้อต้มไอน้ำและแสดงผลค่าแรงดัน อุณหภูมิ ปริมาตรน้ำในหม้อต้มไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บล็อกไดอะแกรมของโครงงานที่นำเสนอ



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงงานที่นำเสนอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำงานของรถจักรไอน้ำ

2.1.1. ส่วนประกอบ

รถจักรไอน้ำมีลักษณะ ส่วนประกอบและหน้าที่การทำงานโดยละเอียด ดังนี้

1. หม้อน้ำ มีลำตัวเป็นรูปทรงกระบอกในแนวนอน ตอนท้ายของลำตัวเป็นเรือนไฟ ภายในเรือนไฟทำเป็นเตาไฟ ตอนหัวของลำตัวเป็นห้องควัน รวมทั้งปล่องไฟติดต่ออยู่ ทั้ง 3 ส่วนนี้ทำเป็นชิ้นเดียวกัน โดยตัวห้องควันและเตาไฟเป็นส่วนที่ตั้งอยู่บนโครงประธาน

ภายในลำตัวของหม้อน้ำระหว่างเตาไฟกับห้องควัน มีท่อเหล็กจำนวนมากต่อวางเรียงขนานกันไปตามยาว ปลายทั้งสองของท่อเหล่านั้นยึดติดกับแผ่นโลหะซึ่งเจาะรูทะลุตามจำนวนท่อ แผ่นโลหะตอนปลายท่อด้านหลังยึดติดกับเรือนไฟ และตอนปลายท่อด้านหน้ายึดติดกับลำตัวตอนหน้าติดกับห้องควัน

หม้อน้ำทำหน้าที่ให้กำเนิดไอน้ำ ก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงบนตะกรับในเตาไฟ จะเดินผ่านไปตามท่อที่อยู่ในหม้อน้ำซึ่งเรียกว่าท่อไฟ และคายความร้อนผ่านผนังท่อไปให้กับน้ำอยู่ในหม้อน้ำและล้อมรอบท่อไฟ ทำให้น้ำในหม้อน้ำรอบ ๆ บริเวณเรือนไฟและล้อมรอบท่อไฟ เดือดกลายเป็นไอน้ำ ภายใต้ตะกรับซึ่งตั้งอยู่ ส่วนล่างของเรือนไฟจะมีกระบะเถ้า ซึ่งมีประตูบังคับให้ปิดเปิดได้โดยพนักงานที่ห้องขับ เพื่อให้ลมภายนอกผ่านเข้าไปยังตะกรับ ช่วยให้เชื้อเพลิงได้ลุกไหม้ได้ดี ตอนท้ายของเตาไฟมีช่องเจาะไว้เหนือตะกรับ เพื่อใส่เชื้อเพลิง ช่องนี้จะมีประตูปิดเปิดได้เรียกว่าประตูเตา

ห้องควัน ทำหน้าที่รวบรวมควันและก๊าซร้อนที่เหลือจากการใช้ประโยชน์แล้ว รวมกับไอเสียที่มาจากหีบไอ แล้วพ่นขึ้นสู่ปล่องทิ้งออกอากาศไป เนื่องจากห้องควันนี้ผนึกแน่น ดังนั้นทุกครั้งที่ไอเสียถูกพ่นขึ้นไปจะทำให้ภายในห้องควันมีความดันอากาศต่ำกว่าบรรยากาศภายนอกทำให้เกิดแรงดูดลมจากภายนอกให้ผ่านประตูลมที่กระบะเถ้าไปทำการช่วยเผาไหม้เชื้อเพลิง แล้วก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและควันก็จะถูกดูดเดินทางผ่านไปตามท่อในหม้อน้ำเข้าไปในห้องควันออกไปทางปล่อง

2. เครื่องจักรกลไอน้ำต้นกำลัง ประกอบไปด้วยกระบอกสูบอยู่ในท่านอน ยึดแน่นอยู่กับโครงประธาน ภายในมีลูกสูบเคลื่อนไปมาด้วยความดันของไอน้ำ ตัวลูกสูบมีก้านสูบโผล่ฝาสูบออกไปโดยที่ปลายก้านติดต่อกับคันชักไปทำการหมุนล้อขับ ปลายทั้งสองข้างภายในกระบอกสูบเจาะเป็นช่องไว้เพื่อให้ไอน้ำไหลมาดันลูกสูบและคายไอเสียทิ้งไป ไอน้ำจะดันลูกสูบทั้งสองข้างสลับกัน และในทำนองเดียวกันก็ขับไอเสียออกไปสลับกันเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หีบไอ ทำหน้าที่ควบคุมไอดีซึ่งมาจากหม้อน้ำส่งเข้ากระบอกสูบ และปล่อยไอเสียจากกระบอกสูบให้ออกสู่ปล่องโดยผ่านเข้าไปยังห้องควัน หีบไอมีลักษณะรูปทรงกระบอกอยู่ในแนวนอนขนานกับกระบอกสูบ และหล่อเป็นชิ้นเดียวกัน ภายในมีลิ้นเดินไปมาเพื่อควบคุมให้ไอดีลงสูบและไอเสียออกจากสูบ การเคลื่อนไหวของลิ้นนี้บังคับด้วยอาการหมุนของล้อขับโดยมีกลไกติดต่อกัน

ตัวลิ้นไอมีอยู่หลายแบบ แต่ที่นิยมใช้กันมาก คือ แบบลูกสูบ (Piston Valve) ส่วนตัวเครื่องกลไกลิ้นก็มีหลายแบบ และมักเรียกตามชื่อของผู้ประดิษฐ์ ที่นิยมใช้กันมากคือ แบบวอลแชรตส์ (Walschaerts) และสตีเฟนสัน (Stephenson) ตัวลิ้นและกลไกของลิ้นนี้จะต้องตั้งจังหวะให้สัมพันธ์กับการเคลื่อนไปมาของลูกสูบ

กระบอกสูบและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องโดยทั่วไปติดตั้งอยู่ข้างโครงประธานข้างละหนึ่งสูบและเราเรียกว่ารถจักรไอน้ำ 2 สูบ แต่รถจักรชนิด 3 สูบ และ 4 สูบ ก็มีเช่นกัน ในกรณีนี้ตัวกระบอกสูบที่ 3 หรือที่ 3 และ 4 จะติดตั้งอยู่ตรงกลางโครงประธาน และคันชักจะต่อตรงไปที่ล้อขับเช่นเดียวกับของสูบอื่น ๆ รถจักร 3 สูบ และ 4 สูบนี้ กลไกบังคับลิ้นจะยุ่งยากกว่าแบบ 2 สูบบ้าง

3. อุปกรณ์ควบคุมเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ควบคุมตัวรถจักร ตรงส่วนที่เรียกว่าเรือนไฟของหม้อน้ำจะมีเก๋งคลุมไว้ ส่วนตอนอื่นไม่มี ส่วนที่เก๋งคลุมนั้นจะเป็นส่วนที่ใช้เป็นห้องขับ

ตรงหน้าเรือนไฟของหม้อน้ำ นอกจากจะมีประตูเตาสำหรับใส่เชื้อเพลิงที่เอามาจากที่บรรทุกไว้ในรถลำเลียงลงสู่ตะกรับแล้ว ก็เป็นที่ติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและตัวรถจักร อุปกรณ์ที่สำคัญ คือ คันบังคับลิ้นทวารกำหนดไอดีสำหรับบังคับให้ไอน้ำในหม้อเข้าสูบมากหรือน้อยหรือไม่ให้เข้า คันเปลี่ยนอาการซึ่งจะบังคับให้รถจักรเดินหน้าหรือถอยหลังและบังคับลิ้นที่หีบไอให้เปิดช่องไอลงสูบมากหรือน้อยเครื่องเติมน้ำเข้าหม้อเพื่อจะเติมน้ำ ชดเชยจำนวนน้ำที่กลายเป็นไอน้ำและถูกนำเอาไปใช้ในการดันลูกสูบ

ในส่วนอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวกับการป้องกันอันตราย ก็คือ

3.1 ทวารนิรภัย เพื่อป้องกันมิให้ความดันของไอน้ำในหม้อสูงเกินกว่าที่กำหนดไว้ถ้าหากสูงเกินไปก็จะระบายออกทางทวารนิรภัยนี้ มิฉะนั้นจะทำให้หม้อน้ำเกิดระเบิดได้

3.2 หลอดแก้วดูระดับน้ำในหม้อ เพื่อจะได้ทราบว่าน้ำในหม้อไม่พร่องเกินไปกว่าระดับที่กำหนดไว้ หากพร่องไปแล้วน้ำจะแห้งหม้อ และความร้อนจะไปเผาตัวหม้อเปล่าๆ ทำให้เกิดอันตราย

3.3 เครื่องแสดงแรงดันไอน้ำมีเพื่อให้ทราบไอน้ำในหม้อมีความดันพอเพียงที่จะไปดันลูกสูบหรือไม่

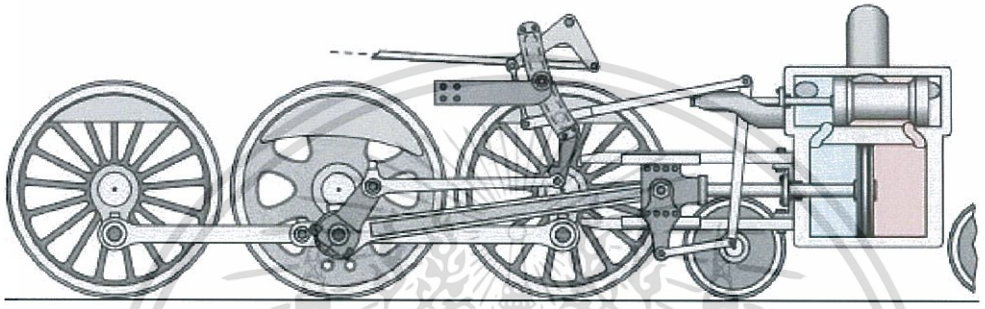
3.4 เครื่องห้ามล้อสำหรับใช้ห้ามล้อตัวรถจักรเองและตัวรถพ่วงในขบวน

4. รถลำเลียง โดยทั่ว ๆ ไปแล้วรถจักรไอน้ำจะมีรถลำเลียงพ่วงต่อไว้เพื่อใช้เก็บเชื้อเพลิงและน้ำสำรองไว้ให้พอเพียงที่จะนำไปใช้ในขณะที่รถวิ่งทำการอยู่ในระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 หลักการทำงาน

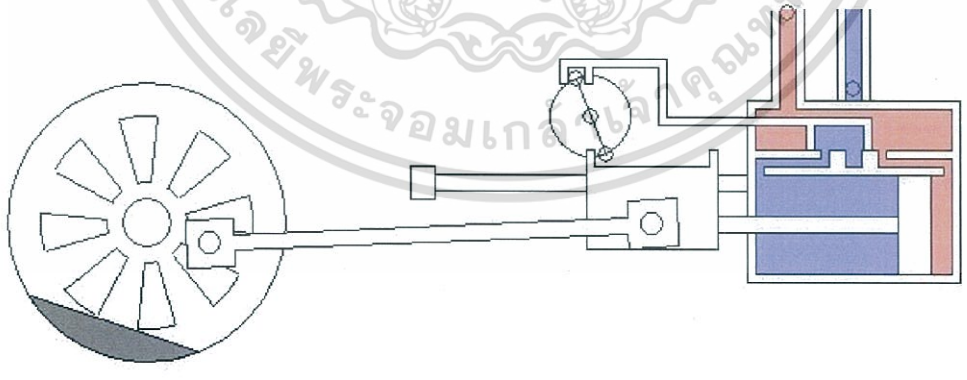
การทำงานของเครื่องจักรไอน้ำ คือจะทำการต้มน้ำให้เดือดใน "หม้อต้มน้ำ (Boiler)" น้ำที่เดือดจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอน้ำที่มีแรงดันสูง แล้วจึงนำเอาไอน้ำที่มีแรงดันสูงนั้นไปใช้ขับดันลูกสูบให้ลูกสูบเคลื่อนที่จนเกิดกำลังงาน และนำกำลังงานที่ได้ไปใช้เป็นแหล่งต้นกำลังของเครื่องจักรต่าง ๆ เราจึงเรียกเครื่องยนต์ไอน้ำนี่ว่าเป็น "เครื่องยนต์เผาไหม้ภายนอก (External Combustion Engine)"



รูปที่ 2.1 การทำงานของเครื่องจักรไอน้ำ

2.2.2.1 ระบบกระบวนการทำงาน

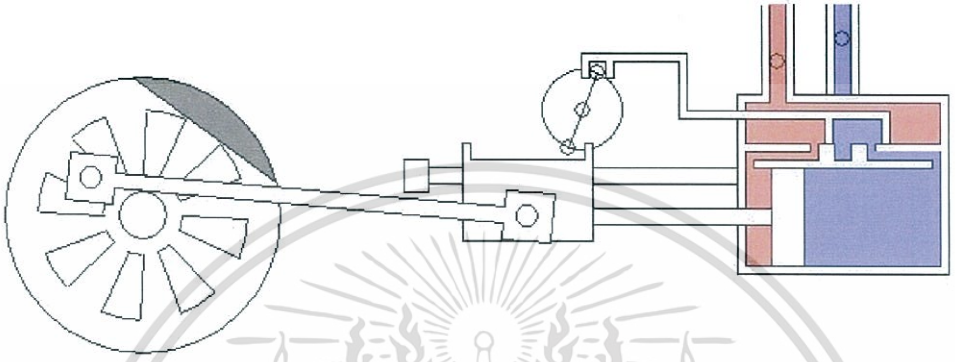
การทำงานของลูกสูบเครื่องจักรไอน้ำที่รถจักรนี้เป็นแบบ Double acting คือไอน้ำเข้าไปดันลูกสูบได้ทั้ง 2 ข้างของลูกสูบด้วยวิธีการทำงานอย่างเดียวกัน ซึ่ง พลังงานที่ได้มาจากไอน้ำแรงดันสูง (สีแดงในภาพ) ซึ่งได้มาจากการต้มน้ำ ด้วย ไม้ฟืน ถ่านหิน หรือน้ำมันเตา ส่วนสีน้ำเงินจะเป็นไอน้ำแรงดันต่ำ



รูปที่ 2.2 จังหวะที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวะที่หนึ่ง จังหวะทำงาน กล่าวคือ ลิ้นจะเปิดให้ไอดีไหลมาดันลูกสูบ ซึ่งเริ่มต้นจากปลายสุดกระบอกสูบด้านซ้าย ไอน้ำจะดันลูกสูบให้เคลื่อนมาทางขวาในระยะหนึ่ง แล้วลิ้นจะปิดช่องไอ ไอน้ำที่ขังอยู่ในกระบอกสูบจะติดต่อกับส่วนอื่นไม่ได้ก็จะขยายตัวดันลูกสูบ ให้เดินเคลื่อนต่อไปจนสุดทางด้านขวามือ ในการนี้ล้อจะหมุนไปครึ่งรอบ



รูปที่ 2.3 จังหวะที่ 2

จังหวะที่สอง ลิ้นจะเริ่มเปิดเพื่อจะให้ไอเสียออกไปในขณะนี้ด้วยอาการหมุนของล้อและแรงดัน ของไอดีซึ่งเข้ามาดันอีกข้างหนึ่งของลูกสูบ จะทำให้ลูกสูบเคลื่อนกลับมาทางซ้าย ในครั้งนี้ลูกสูบจะดันไอน้ำที่ขยายตัวเต็มที่จะกลายเป็นไอเสียให้ไหลออกทาง ช่องเดิมผ่านลิ้นที่เปิดไปอยู่ทางช่องเก็บไอเสียที่หีบไอ แล้วระบายออกสู่ปล่อง ลูกสูบจะเคลื่อนตัวต่อมาจนใกล้จะสุดด้านซ้ายมือ เมื่อลูกสูบเดินสุดทางซ้ายแล้วก็จะดำเนินการตามจังหวะที่หนึ่งต่อไปอีก

การทำงานเช่นนี้สำหรับด้านตรงข้ามก็คงเป็นเหมือนกัน แต่จะทำงานสลับกันไปมาในทำนองเดียวกันสำหรับสูบอื่น ๆ ก็จะทำงานเช่นนี้ แต่จะทำงานเรียงตามกันไปหรือสลับกันสุดแท้แต่การออกแบบ

จะเห็นได้ว่า ถ้ารถไฟเริ่มเคลื่อนที่ครั้งแรก ถ้าลูกล้ออยู่ในตำแหน่งไม่ดี เมื่อไอน้ำแรงดันสูงเข้าสู่กระบอกสูบ รถไฟอาจจะเดินหน้าหรือถอยหลัง ก็ได้ โดยคนขับไม่สามารถควบคุมได้ เพื่อให้สามารถควบคุมให้รถไฟเดินหน้าหรือถอยหลังได้ ตำแหน่งที่ก้านสูบดันล้อที่ล้อซ้ายและล้อขวาจะต่างมุมกัน 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ไอน้ำ

การใช้พลังงานไอน้ำในอุตสาหกรรม มีการใช้อย่างแพร่หลาย และแทบจะพูดได้ว่าเกือบ 90% ของแหล่งพลังงานความร้อน ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไป คือ พลังงานไอน้ำ สาเหตุที่พลังงานไอน้ำเป็นที่นิยมใช้เป็นอย่างมากคือ

1. น้ำเป็นวัตถุดิบที่มีอยู่ทั่วไป หาง่าย เก็บรักษาง่าย และราคาไม่แพง

2. น้ำ – ไอน้ำ เป็นตัวกลางที่มีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนดีมาก (มีสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนสูง)

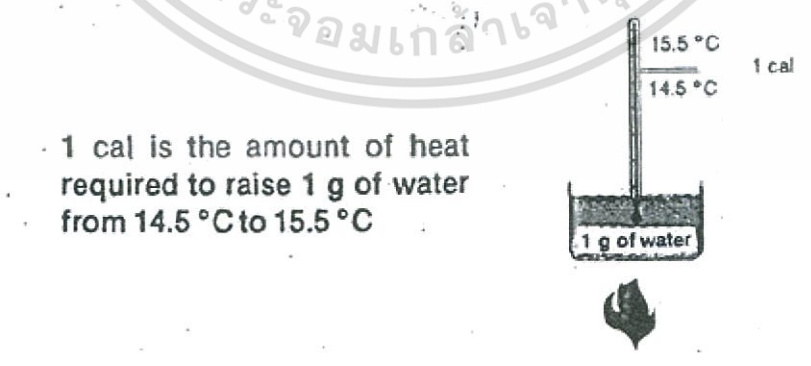
3. น้ำและไอน้ำมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะและคุณสมบัติด้านพลังงานอย่างแน่นอนและคงที่ ทำให้สามารถเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงของน้ำ-ไอน้ำในระบบและกำหนดได้ล่วงหน้า

4. น้ำ– ไอน้ำ เป็นพลังงานที่ สะอาด สามารถใช้กับอาหารได้โดยตรง ในกรณีที่เป็น Direct Contact

2.2.1 นิยามและศัพท์พื้นฐานทางเทคนิคต่าง ๆ

1. ความร้อน (Heat) คือ พลังงานชนิดหนึ่ง เกิดขึ้นในขณะที่มีกระบวนการเผาไหม้ ของวัสดุ ทุกชนิดเช่น ไม้ น้ำมัน ถ่านหิน หรือแก๊ส เป็นต้น ซึ่งพลังงานที่ถ่ายเทได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ความร้อนเป็นคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับมวล และมีหน่วยในการวัดความร้อนเป็น กิโลแคลอรี่ (kcal) หรือ กิโลจูล (KJ) หรือ บีทียู (BTU)

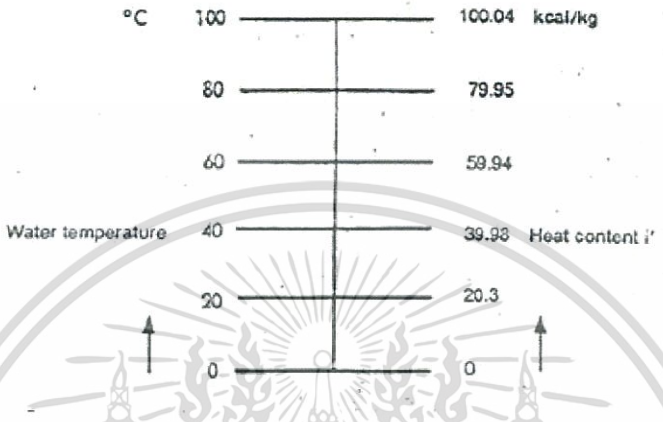
2. ความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) คือ ปริมาณความร้อนที่วัสดุแต่ละชนิดต้องการในการเพิ่มอุณหภูมิหนึ่งองศา ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของมวลสารนั้น ๆ ซึ่งมวลสารแต่ละชนิดจะมีค่าความร้อนจำเพาะต่างกันไป เช่น น้ำมีค่าความร้อนจำเพาะ 1 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมต่อองศาเซนติเกรด แสดงว่าถ้าต้องการเพิ่มอุณหภูมิน้ำ 1 กิโลกรัม หนึ่งองศาเซนติเกรดต้องให้ปริมาณความร้อนแก่น้ำ 1 กิโลแคลอรี่



รูปที่ 2.4 ความร้อนจำเพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

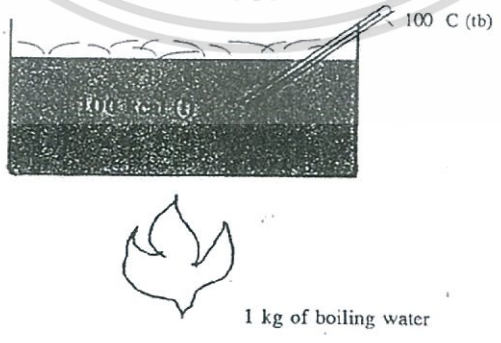
3. ความจุความร้อน (Heat Content) คือปริมาณความร้อนที่จะอยู่ในมวลสารนั้น เมื่อมีการแปลงอุณหภูมิ เช่น น้ำ 1 KG ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณความร้อน 20 kcal/kg เป็นต้น



รูปที่ 2.5 แสดงค่าความจุความร้อนเทียบกับอุณหภูมิ

4. ไอน้ำ (Steam) คือผลผลิตที่ได้จากการต้มน้ำให้เดือดจนกระทั่งแปรสถานะกลายเป็นไอน้ำ ตัวอุปกรณ์ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนนี้ก็คือ Steam Boiler หรือที่เรารู้จักกันว่า หม้อน้ำ ทั้งนี้ต้องอาศัยพลังงานความร้อน 2 ชนิด คือ ความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝง

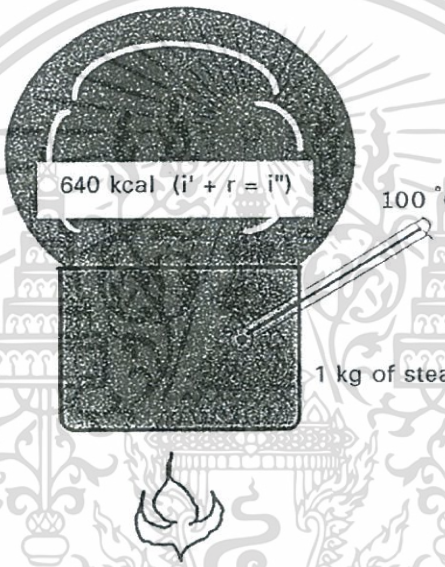
5. ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) คือ Heat Content นั่นเอง เป็นปริมาณ ความร้อนซึ่งใช้ต้มน้ำจากอุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง จนถึงอุณหภูมิน้ำเดือด (Tb) ภายใต้ความดันใดความดันหนึ่ง ซึ่งน้ำเดือด นี้พร้อมที่จะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ เช่น ในบรรยากาศ (ความดัน = 0 BarG) ถ้าเราให้ความร้อน 100 kcal แก่น้ำ 1 kg (ความจุความร้อน = 100 kcal) น้ำจะเริ่มเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นั่นคือ อุณหภูมิน้ำเดือด Tb = 10 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.6 การเปรียบเทียบความร้อนสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Latent Heat หรือ Heat of Vaporization) คือ ปริมาณความร้อนที่ต่อเนื่องจากความร้อนสัมผัส เพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากน้ำเดือดไปเป็นไอน้ำ ที่อุณหภูมิเดียวกันกับอุณหภูมิของน้ำเดือด ภายใต้บรรยากาศของความกดดันขณะนั้น จนกระทั่งกลายเป็นไอน้ำอิ่มตัว (Saturated Steam) ซึ่งที่อุณหภูมินี้เรียกว่า อุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัว (TS) เช่น ในบรรยากาศ ถ้าเราให้ความร้อนแก่น้ำ 1 kg นี้ ต่อไป น้ำเดือดจะเริ่มกลายเป็นไอน้ำแล้วจะกลายเป็นไอน้ำทั้งหมด 1 kg ต่อเมื่อเราให้ปริมาณความร้อน 540 kcal นั่นคือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (r) = 540 kcal



รูปที่ 2.7 การเปรียบเทียบค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ

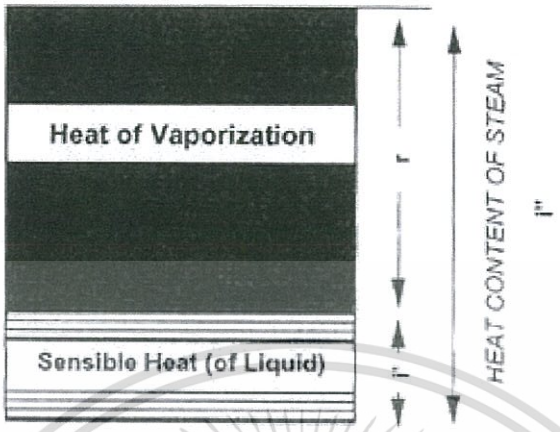
7. ความจุความร้อนของไอน้ำ (Heat Content of Steam) ปริมาณความจุความร้อนของไอน้ำก็คือ ผลรวมของความจุ ความร้อนของน้ำ (i') กับ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอน้ำ (r)

ในทางกลับกัน หากเรามีไอน้ำจากหม้อน้ำ แล้วนำไปถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) อุณหภูมิของไอน้ำจะยังไม่ลดลง นั่นคือ

STEAM TEMPERATURE = BOILING TEMPERATURE

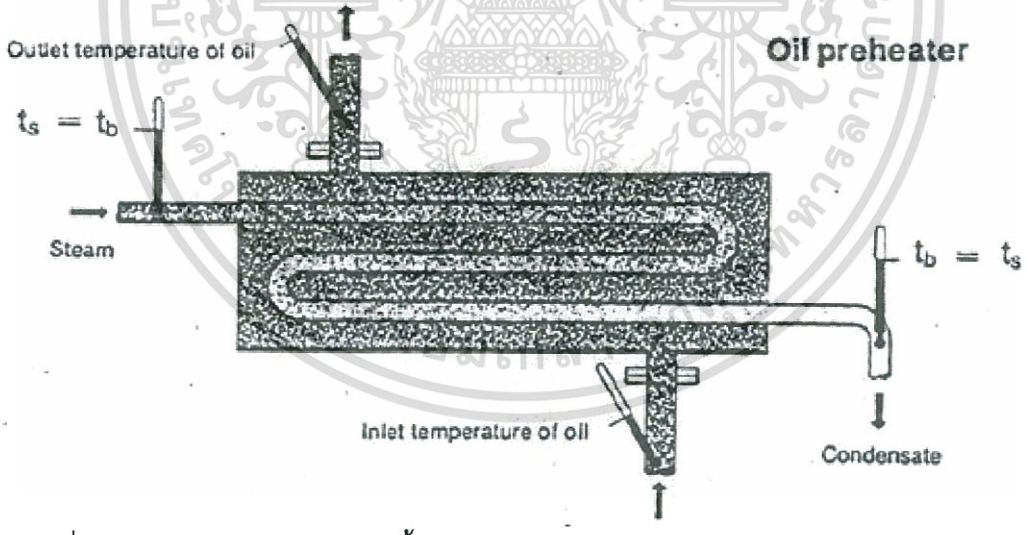
(อุณหภูมิไอน้ำ = อุณหภูมิน้ำเดือด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ความจุความร้อนไอน้ำ

ทันทีที่ไอน้ำได้ถ่ายเทความร้อนจำนวนนี้ ไอน้ำจะเริ่มควบแน่นกลายเป็นน้ำเดือด และ ณ ที่อุณหภูมิ Tb นี้เรียกว่า น้ำเดือดอิ่มตัว ซึ่งเราเรียกปริมาณความร้อนนี้ว่า ความร้อนแฝงในน้ำเดือด ดังนั้น ค่าความร้อนแฝงในน้ำเดือดจะเท่ากับค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ



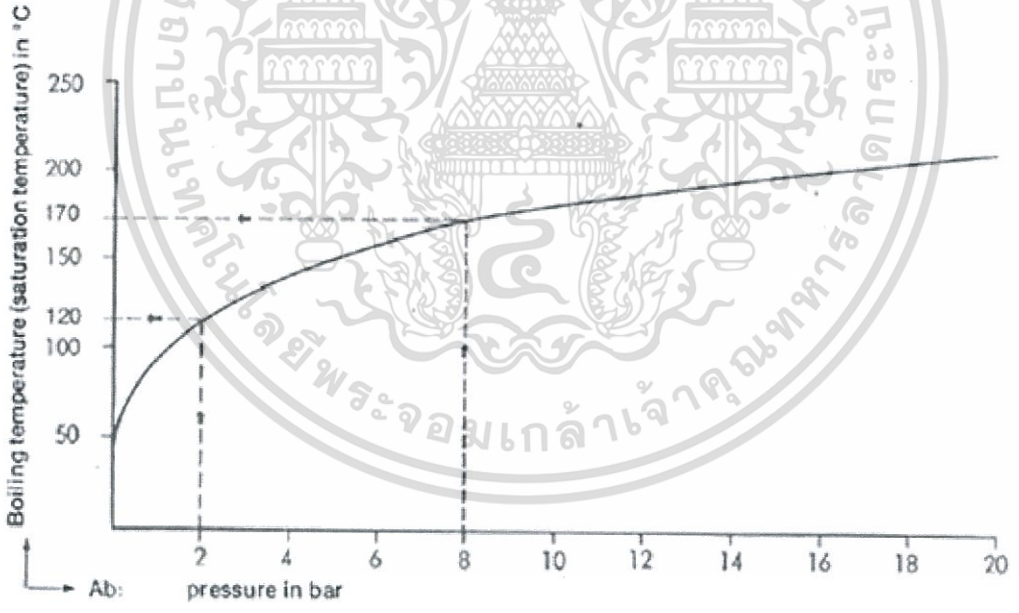
รูปที่ 2.9 แสดงค่าความร้อนแฝงในน้ำเดือดจะเท่ากับค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ไอน้ำอิ่มตัว (Saturated Steam) จากพื้นฐานที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งพอสรุปเกี่ยวกับปริมาณความร้อนต่าง ๆ ได้ในความดันบรรยากาศ (Absolute Pressure , Pa = 1 BarA หรือ Gauge Pressure , Pg = 0 BarG)

- น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิ = 100 องศาเซลเซียส (Tb = 100 องศาเซลเซียส)
- ดังนั้น ความจุความร้อนของน้ำเดือด = 100 kcal/kg
- อุณหภูมิของไอน้ำ ก็ยัง = 100 องศาเซลเซียส
- ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการกลายเป็นไอน้ำ 540 kcal/kg
- ความจุความร้อนของไอน้ำทั้งหมด = 640 kcal/kg

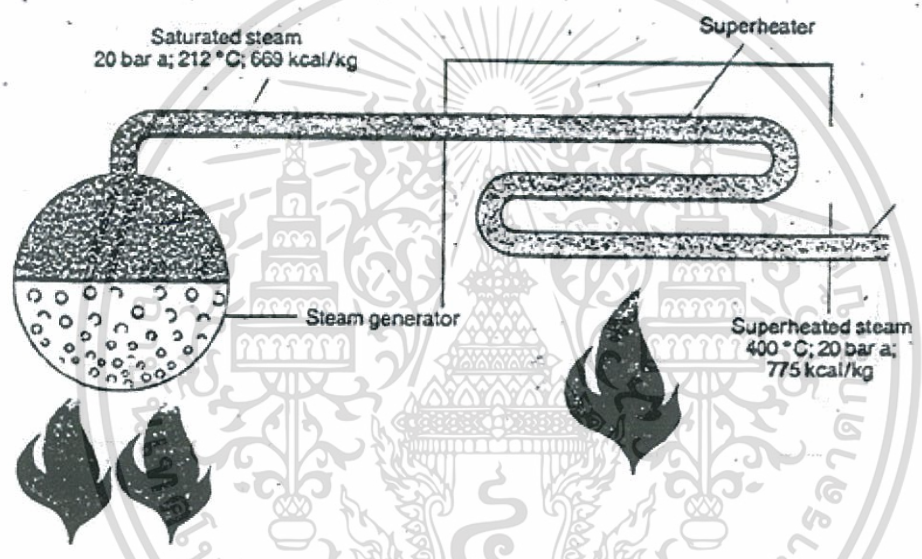
ค่าต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นที่แน่นอนว่าต้องเปลี่ยนแปลงความดันคงที่ ขณะนั้น นั่นคือ อุณหภูมิน้ำเดือดในบรรยากาศ หรือ อุณหภูมิของน้ำ คงไม่มีโอกาสเกิน 100 องศาเซลเซียส ด้วยเหตุนี้ ถ้าเราเพิ่มความดัน ขึ้นไป อุณหภูมิน้ำเดือดและอุณหภูมิไอน้ำก็จะเพิ่มสูงขึ้น จึงได้มีการสร้างหม้อน้ำขึ้นมาเพื่อให้ได้ไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งจะนำไปใช้ในด้านอุตสาหกรรมอย่างแท้จริง



รูปที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ของจุดอิ่มตัวของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

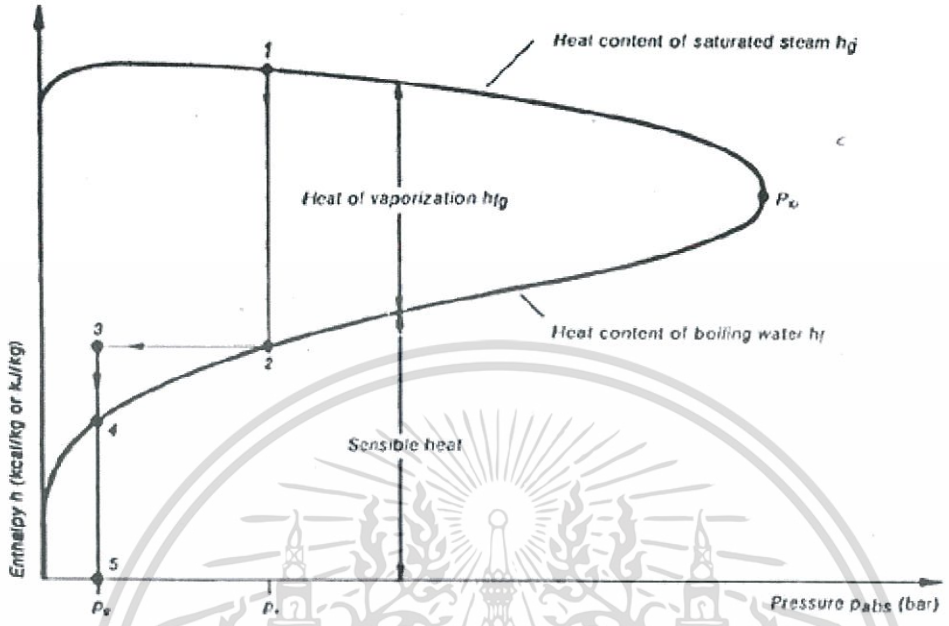
9. ไอน้ำยิ่งยวด (Superlieated Steam) จากที่เราทราบกันมาแล้วว่าในบรรยากาศ คือที่ความดัน 1 BarA หรือ 0 BarG เราได้ไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส หลังจากที่เราได้เพิ่มปริมาณความร้อนแฝงอีก 540 kcal/kg ณ ที่อุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัวนี้ หากเราเพิ่มปริมาณความร้อนอีก อุณหภูมิก็จะเพิ่มขึ้นอีกซึ่งเราจะได้ไอน้ำยิ่งยวด แต่ถ้าเรานำไอน้ำยิ่งยวดมาถ่ายเทความร้อน อุณหภูมิของมันจะตกลงมา ความจุความร้อนก็จะลดลง ไอน้ำยิ่งยวดก็จะเริ่มกลายมาเป็น ไอน้ำอิ่มตัว ทันทีทันใดที่อุณหภูมิลดลงมาถึง อุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัวและหากเรายังคงถ่ายเทความร้อนต่อไปไอน้ำอิ่มตัวก็จะเริ่มควบแน่นกลายเป็นน้ำเดือดต่อไป



รูปที่ 2.11 แสดงค่าไอน้ำยิ่งยวด

10. ไอน้ำระเหยใหม่ (Flash Steam) เป็นไอน้ำที่เกิดขึ้น ภายหลังจากการถ่ายเทปริมาณความร้อนของไอน้ำอิ่มตัว ซึ่งเป็นไอน้ำที่ได้จากการผลิตจากหม้อน้ำโดยตรง ยังไม่ผ่านการใช้งาน เราเรียกอีกอย่างว่า ไอน้ำ ณ ขณะนั้น ที่ความดันคงที่ขณะหนึ่ง จนกระทั่งกลายเป็นไอน้ำความแน่นอิ่มตัว ซึ่งเป็นสถานะของของเหลว ที่อุณหภูมิน้ำเดือด และความจุความร้อนของน้ำเดือด ก็จะมีค่าลดต่ำลงจากตอนต้นปริมาณความจุความร้อนที่แตกต่างกันนี้ก็จะทำให้น้ำที่ควบแน่นที่เกิดขึ้นในครั้งแรกสามารถระเหยใหม่ขึ้นมาเป็นไอน้ำได้อีกจำนวนหนึ่งที่เรียกว่า ไอน้ำระเหยใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงความสัมพันธ์ค่าต่าง ๆ ของไอน้ำ

ไอน้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมนี้ ก็คือ ไอน้ำที่เราเรียกว่า ไอน้ำอิ่มตัว ส่วนที่ว่าจะเป็นไอน้ำอิ่มตัวที่ความดันที่เท่าไหร่นั้น ก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

- ขบวนการผลิต ว่าต้องใช้อุณหภูมิและความดันเท่าใด ก็ใช้ไอน้ำที่ความดันที่พอเหมาะเพื่อให้เครื่องจักรได้รับอุณหภูมิและพลังงานความร้อนตามต้องการ
- ระบบการเดินท่อ ระยะความยาวของการเดินท่อ ข้อต่อ ของโครงการต่าง ๆ การยกท่อขึ้นสูง หรือการเดินท่อหักมุม เปลี่ยนทิศทางต่าง ๆ ย่อมมีผลต่อแรงดันของไอน้ำที่ต้องการใช้
- จุดประสงค์ของการใช้ไอน้ำ เช่น ต้องการใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิต หรือต่องการส่งผ่านไอน้ำจากจุดหนึ่ง ไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งเป็นจุดของผู้ใช้งานที่อยู่ห่างไกล หรือต้องการไอน้ำเพื่อให้แรงดันขับเคลื่อนกังหันเทอร์ไบน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ระบบไอน้ำ

2.3.1 ความหมายของระบบไอน้ำ

ไอน้ำ (Steam) เกิดจาก การเปลี่ยนสถานะของน้ำให้กลายเป็นไอน้ำ อุณหภูมิของน้ำจะต้องเพิ่มขึ้นจนถึงจุดเดือดของน้ำ (Saturation Temperature) ที่ 100 องศาเซลเซียส โดยใช้ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) เมื่อเพิ่มความร้อนต่อไปอุณหภูมิจะคงที่ ในช่วงนี้คือความร้อนแฝง (Latent Heat) น้ำจะเกิดการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำ ถ้าต้องการเปลี่ยนน้ำ 1 กิโลกรัมให้เป็นไอน้ำต้องใช้ความร้อนประมาณ 2,258 กิโลจูล ซึ่งต้องมีความร้อนแฝงที่ปริมาณมากเพียงพอสำหรับการใช้งานในแต่ละจุดของกระบวนการผลิตต่าง ๆ โดยไอน้ำสามารถทำอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียสซึ่งจะถูกเรียกว่า ไอน้ำซูเปอร์ฮีต (Superheated Steam)

ระบบไอน้ำเป็นระบบผลิตพลังงานความร้อนในรูปของไอน้ำที่มีใช้งานอยู่ทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม ในอาคารกลุ่มโรงแรมและโรงพยาบาล ระบบไอน้ำเป็นระบบที่ใช้เชื้อเพลิงในปริมาณสูงและอาจก่อมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม การจัดการและการบำรุงรักษาเพื่อให้ระบบไอน้ำสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพอยู่ตลอดเวลาจะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม

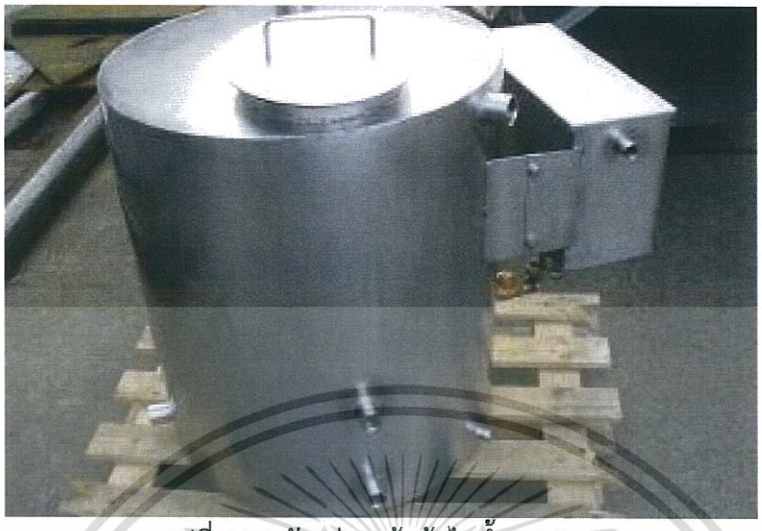
2.3.2 ส่วนประกอบของระบบไอน้ำ

2.3.2.1 หม้อต้มไอน้ำ (Boiler)

หม้อต้มไอน้ำ (Boiler) หมายถึง เป็นอุปกรณ์หลักสำหรับการผลิตไอน้ำ กระบวนการผลิตไอน้ำจะเริ่มต้นจากการเผาในห้องเผาไหม้ ทำให้น้ำในหม้อต้มไอน้ำระเหยกลายเป็นไอ เนื่องจากการระเหยของน้ำถูกจำกัดอยู่ในพื้นที่ของหม้อน้ำ จึงทำให้เกิดความดันที่นำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตหรือขับเคลื่อนเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ โดยสิ่งที่ขาดไม่ได้ในหม้อต้มไอน้ำคือเซฟตี้วาล์ว (Safety Valve) เป็นอุปกรณ์ที่ต้องให้ความสำคัญที่สุดในการป้องกันหม้อต้มไอน้ำเกิดแรงดันเกินกำหนดซึ่งอาจทำให้เกิดการระเบิดขึ้น โดยทั่ว ๆ ไปข้อกำหนดของอุปกรณ์มีดังนี้

- ปริมาณไอน้ำระบายที่รับได้จะต้องคิดที่ความดันบรรยากาศ หรือ ตามประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ
- วาล์วต้องสามารถรองรับปริมาณไอน้ำระบายสูงสุดที่ 110 % ของกำลังการผลิตสูงสุด
- ขนาดข้อต่อวาล์วกับหม้อต้มไอน้ำห้ามเล็กกว่า 0.75 นิ้ว
- แรงดันสูงสุดที่ตั้งค่าบนวาล์วคือแรงดันที่ไม่เกินกว่าขนาดของหม้อต้มไอน้ำ
- ช่วงแรงดันที่ตั้งบนวาล์วกับแรงดันใช้งานต้องเหมาะสมไม่มากหรือน้อยเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างหม้อต้มไอน้ำ (Boiler)

2.3.2.2 ท่อไอน้ำ

ท่อไอน้ำ (Steam Distribution) มีความสำคัญในการเชื่อมต่อระหว่างแหล่งกำเนิดไอน้ำกับผู้ใช้งานเพื่อให้ได้ไอน้ำที่มีคุณภาพ แรงดันได้ตามต้องการ และเพื่อให้ต้นทุนในการผลิตต่ำ ในการออกแบบ ต้องพยายามลดการสูญเสียความร้อนในระบบท่อ ในการเดินท่อไอน้ำนั้นนอกจากขนาดของท่อไอน้ำจะต้องเหมาะสมแล้ว ยังต้องคำนึงถึงวาล์ว ข้อต่อ ข้องอ การเชื่อมต่อท่อ การติดตั้งกับดักไอน้ำที่เหมาะสม ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของไอน้ำและประสิทธิภาพการใช้ไอน้ำ โดยท่อที่มีขนาดเล็กเกินไปจะทำให้ต้องการความดันสูงขึ้นและเกิดการสูญเสียจากการรั่วไหลมากขึ้นด้วย ส่วนท่อที่มีขนาดใหญ่เกินจะเกิดการสูญเสียที่พื้นผิวมากขึ้น ดังนั้นควรใช้แนวทางต่อไปนี้ในการออกแบบระบบท่อไอน้ำคือ

1. ควรเดินท่อให้สั้นที่สุด หรือเท่าที่จำเป็นเท่านั้น
2. ในการต่อท่อควรใช้การเชื่อม โดยพยายามหลีกเลี่ยงการใช้ข้อต่อแบบเกลียว เพื่อลดปัญหาการรั่วไหลของไอน้ำในอนาคต
3. ควรใช้วาล์วแบบหน้าแปลน และพยายามหลีกเลี่ยงการใช้วาล์วแบบเกลียว
4. ควรใช้ท่อโค้ง (Bend) ที่มีความโค้งกว้างๆ แทนการใช้ข้องอ (Elbow) เพื่อลดการสูญเสียความดันในระบบท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.14 ท่อไอน้ำ

2.3.2.3 เกจวัดแรงดัน

เกจวัดแรงดัน (Pressure Gauge) เป็นเครื่องมือบ่งชี้ความดันภายในหม้อต้มไอน้ำ โดยจะใช้ส่วนประกอบที่สามารถทนต่ออุณหภูมิที่สูงได้ เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน

รูปที่ 2.15 เกจวัดแรงดันที่มีระยะวัด 0-10 Bar

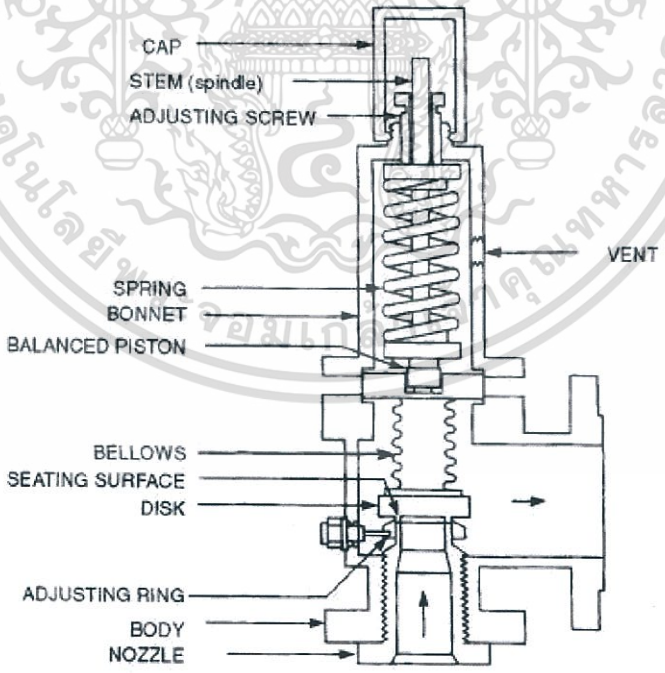
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.3.2.4 เซฟตี้วาล์ว (Safety Valve)

เซฟตี้วาล์ว (Safety Valve) เป็นวาล์วควบคุมแรงดันสูง (Maximum Pressure Control Valve) ภายในหม้อต้มไอน้ำ เมื่อความดันสูงขึ้นจะทำการปล่อยไอน้ำออกมาเพื่อลดความดันภายในหม้อน้ำไม่ให้เกินที่กำหนดไว้ โดยจะเริ่มเปิดเมื่อถึงความดันที่ตั้งไว้ และจะเปิดเต็มที่เมื่อความดันสูงกว่าที่ตั้งไว้ 3% จากนั้นเมื่อความดันลดลงมาต่ำกว่า 3% เช่นกันจึงจะปิด ตัวอย่างเช่น ตั้งความดันไว้ที่ 2000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยเซฟตี้วาล์วจะเปิดเต็มที่ที่ 2060 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (+3%) และจะไม่ยอมปิดจนกว่าแรงดันจะลดลงเหลือ 1940 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (-3%)

รูปที่ 2.16 เซฟตี้วาล์ว



รูปที่ 2.17 องค์ประกอบของเซฟตี้วาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

149406

2.3.3 หลักการทำงานของระบบไอน้ำ

หม้อต้มไอน้ำจะได้รับความร้อนจากภายนอก หรือภายในก็ได้ จากนั้นจะส่งผ่านความร้อนต่อไปยังน้ำที่อยู่ภายในหม้อต้มไอน้ำจนกระทั่งน้ำกลายเป็นไอ ส่วนใหญ่แล้วจะมีหน้าที่ในการสร้างไอน้ำเพื่อใช่ส่งผ่านความร้อนไปยังเครื่องจักร ทำให้ต้นทุนค่าพลังงานถูกลงกว่าการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องจักร หม้อต้มไอน้ำนั้นปกติไม่ได้หมายถึงเครื่องกำเนิดไอน้ำเพียงอย่างเดียว แต่ยังหมายรวมถึงเครื่องกำเนิดน้ำร้อนและเครื่องกำเนิดน้ำมันร้อน ซึ่งที่ได้กล่าวมานั้นหมายถึงการแบ่งชนิดของหม้อต้มไอน้ำตามตัวนำความร้อนโดยทั่วไป เครื่องกำเนิดน้ำร้อนจะใช้งานช่วงอุณหภูมิไม่สูงมากนักไม่เกิน 120 องศาเซลเซียสยกเว้นว่าเราจะใช้งานแบบภายใต้ความดัน (Under Pressure)

2.4 ระบบลูกสูบ

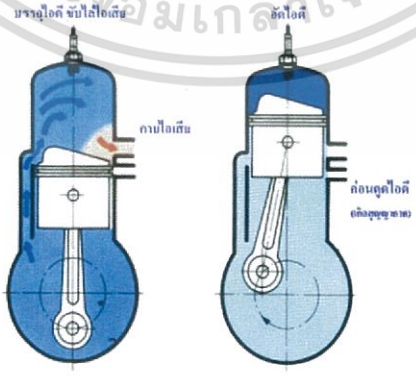
2.4.1 ความหมายของลูกสูบ

ลูกสูบ เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งในเครื่องยนต์ ทำหน้าที่อัดไอน้ำมัน เชื้อเพลิงผสมอากาศเข้าไปในกระบอกสูบเพื่อให้จุดระเบิด แล้วรับกำลังจากแรงระเบิดส่งต่อไปยังก้านสูบ แล้วขับไล่ไอเสียออกไปด้วย

2.4.2 หลักการทำงานของระบบลูกสูบ

ลูกสูบ มีหน้าที่ที่สำคัญในระบบการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงคือ ทำหน้าที่รับแรงกดดันจากการเผาไหม้และส่งกำลังนี้ไปสู่เพลาข้อเหวี่ยงโดยผ่านทางก้านสูบ การทำงานของลูกสูบนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ลูกสูบสองจังหวะ และ ลูกสูบสี่จังหวะ ซึ่งมีหลักการทำงานและความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกัน โดยในที่นี้ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาลูกสูบสองจังหวะ ลูกสูบสองจังหวะมีหลักการทำงานดังนี้

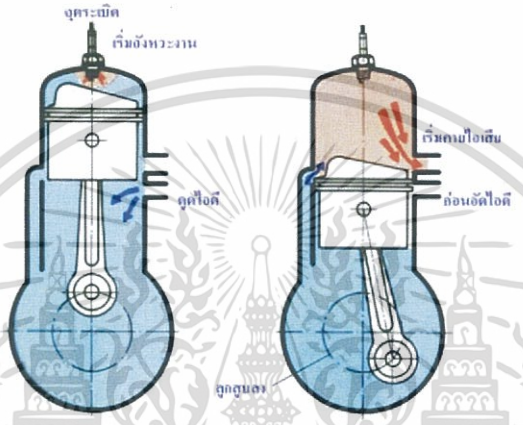
จังหวะอัด (Compression Stroke) เริ่มต้นเมื่อลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ล่าง ช่องไอดีและช่องไอเสียยังเปิดอยู่ ทำให้ไอดีเข้าไปไล่ไอเสียในกระบอกสูบ (Scavenging) จนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นไปปิดช่องไอดีและไอเสีย ลูกสูบก็จะอัดสารผสมในกระบอกสูบ และเมื่อลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์บน การจุดระเบิดและการเผาไหม้จะเกิดขึ้น



รูปที่ 2.18 จังหวะอัดของลูกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวะกำลังหรือจังหวะคาย (Power Stroke or Exhaust Stroke) เริ่มต้นเมื่อลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์บน แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงซึ่งมีอุณหภูมิและความดันสูงจะดันลูกสูบลงและไปทำให้เพลาข้อเหวี่ยงหมุน เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ใกล้ถึง**ตำแหน่งศูนย์ล่าง** ลูกสูบจะเปิดช่องไอเสียก่อน ทำให้ไอเสีย**หรือ**แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ ในกระบอกสูบไหลออกจากกระบอกสูบ แล้วช่องไอดีจึงจะถูกเปิดให้ไอดีเข้าไปไล่ไอเสียออกจนลูกสูบถึง**ตำแหน่งศูนย์ล่าง**ก็จะเริ่มจังหวะอัดของวัฏจักรต่อไป



รูปที่ 2.19 จังหวะคายของลูกสูบ

โดยใช้ไอน้ำมาขับเคลื่อนลูกสูบแทนการจุดระเบิด โดยไอดีแทนด้วยไอน้ำขาเข้า (Steam Input) และไอเสียแทนด้วยไอน้ำขาออก (Steam Output)

2.5 ระบบสายพาน

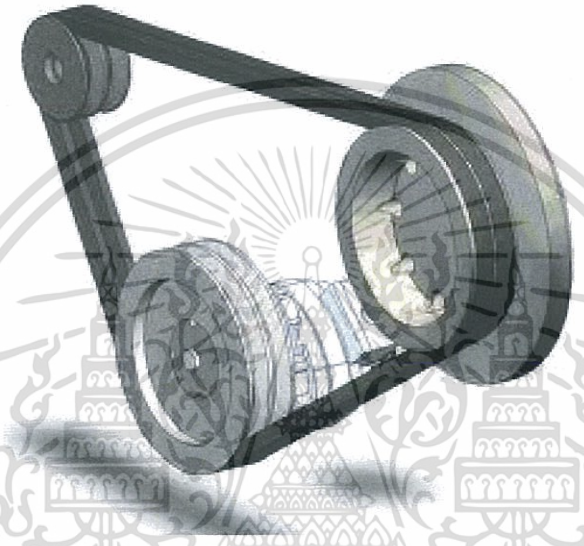
2.5.1 ความหมายของสายพาน

สายพานเป็นอุปกรณ์ที่คล้องโยงกับเครื่องจักรต่าง ๆ เพื่อพาให้หมุนไปด้วยกัน โดยนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น เป็นส่วนประกอบของเครื่องยนต์ นำระบบสายพานเพื่อส่งและรับสิ่งของ มีการแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ได้แก่ สายพานส่งกำลัง (Tranmission Belt) และ สายพานลำเลียง (Conveyor Belt) ในที่นี้จะศึกษาสายพานส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 หลักการทำงานของระบบสายพาน

สายพานส่งกำลังเป็นอุปกรณ์หนึ่งของเครื่องจักรกล ที่ใช้ส่งกำลังจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง เช่นเดียวกับเฟืองหลัก ตัวอย่างการทำงานจะประกอบด้วยล้อสายพาน (Pulley) 2 ตัวคือ ตัวขับและตัวตาม และมีสายพาน (Belt) เป็นตัวส่งถ่าย กำลังขับเคลื่อน และยังสามารถส่งกำลังเพื่อเปลี่ยนทิศทางได้ด้วย



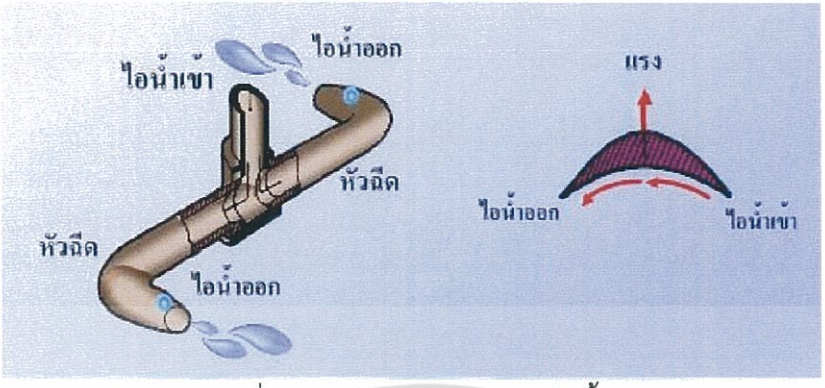
รูปที่ 2.20 การทำงานของสายพานส่งกำลัง

2.6 กังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

2.6.1. หลักการทำงานของกังหันไอน้ำ

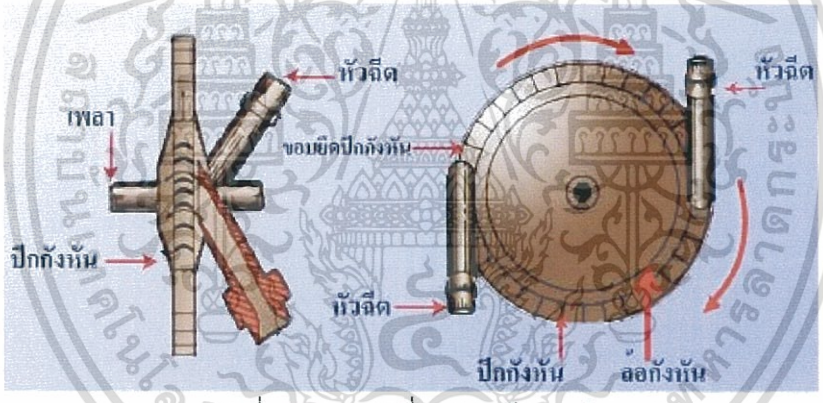
กังหันไอน้ำจัดเป็นเครื่องกำเนิดกำเนิดกำลังงานกล จากพลังงานความร้อนชนิดหนึ่ง ในเครื่องกังหัน พลังงานเกิดการเปลี่ยนรูปสองครั้งคือ ขั้นแรกพลังงานความร้อนจากไอน้ำเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์โดยการบานตัวภายในช่องหรือหัวฉีด และผ่านออกไปในลักษณะที่เป็นลำไอน้ำที่มีความเร็วสูง พลังงานเหล่านี้ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกลโดยให้กระทบกับปีกกังหันที่มีมุมและส่วนโค้งพอดี ทำให้แรงกระแทกให้ปีกกังหันเหล่านี้ซึ่งอยู่บนเพลาหมุนไปได้ ตามทฤษฎีแรงกระแทกของไอน้ำที่กระทำต่อปีกกังหันนี้ถือว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ของมวลไอน้ำที่ผ่านหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 การทำงานของกังหันไอน้ำ

เนื่องจากไอน้ำที่เข้าไปกระทบปีกกังหันมีโมเมนตัม โดยที่โมเมนตัมนี้เป็นปริมาณเวกเตอร์ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงขนาดของมวลหรือการเปลี่ยน แปลงของทิศทางจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม



รูปที่ 2.22 การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

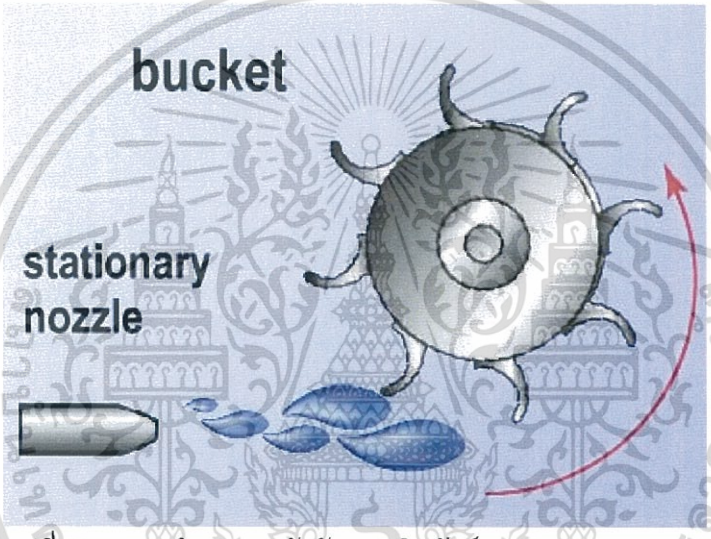
2.6.2 กังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

กังหัน (Turbine) เป็นอุปกรณ์แปลงพลังงานจากพลังงานในไอน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิสูงเป็นงานกล โดยอาศัยหลักการทางกลศาสตร์ ส่วนประกอบสำคัญ ของกังหัน มักจะมีด้วยกัน 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นวงล้อใบพัดที่อยู่กับที่ (Fixed blades) หรือ สเตเตอร์ (Stator) หรือนอซเซิล (Nozzle) ถ้าเรียกตามหน้าที่การ ทำงานของมัน กับวงล้อใบพัดที่หมุน (Moving blades) หรือโรเตอร์ (Rotor) ซึ่งประกอบด้วยใบพัดหลาย ๆ ใบยึดติดกับเพลา ไอน้ำที่ความดันสูงเมื่อไหล เข้ากังหัน ความดันจะถูกแปลงไปเป็นพลังงานจลน์ (Kinetic Energy) โดยนอซเซิล หรือแถวของใบพัดที่อยู่กับที่ ได้กระแสไอน้ำความเร็วสูง ไหลเข้าปะทะกับใบพัดที่ยึดติดเพลา ในแง่มุมที่เหมาะสม ทำให้โมเมนตัมของกระแสนั้นเปลี่ยนแปลงไป เป็นผลให้เกิดแรงกระทำต่อใบพัดในทิศทางที่มีองค์ประกอบค่าหนึ่งอยู่ในแนวเส้นรอ

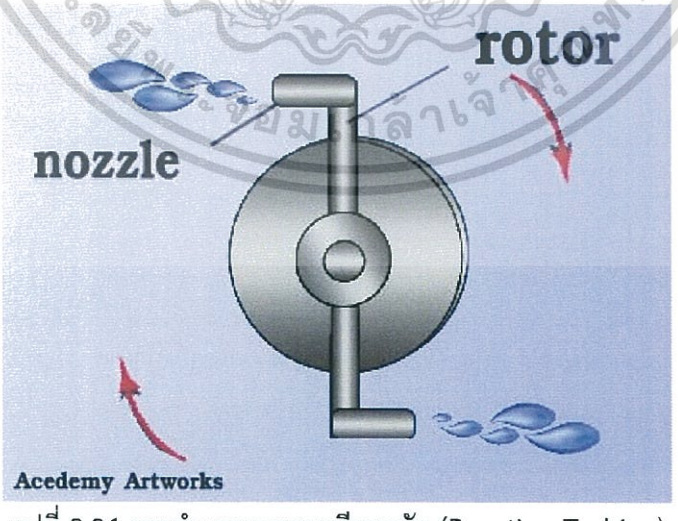
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บวงของวงล้อใบพัด เช่นนี้จะทำให้เกิดแรงบิด (Torque) กระทบต่อวงล้อ และเพลาตามลำดับ ส่งผลให้เพลาหมุน และได้งานเพลา (Shaft Work) ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

กังหันโดยทั่วไป ไม่ว่าจะใช้กับไอน้ำ หรือ แก๊ส มี 2 แบบที่สำคัญ คือแบบที่ทำงานโดยอาศัย แรงปะทะโดยตรงของกระแสของไหลความเร็วสูง กับใบพัดกังหันที่ เคลื่อนที่ (Moving Blades) พวกนี้มีชื่อเรียกว่า กังหันแบบอิมพัลส์ (Impulse Turbine) กับแบบที่อาศัยทั้งแรงปะทะและแรงปฏิกิริยา ที่เรียกว่า กังหันแบบรีแอคชัน (Reaction Turbine) สำหรับแบบกังหันแบบอิมพัลส์ มักใช้กับกังหันขนาดเล็ก ในขณะที่กังหันแบบรีแอคชันจะเป็นที่ใช้กันแพร่หลาย ในกังหันขนาดใหญ่ โดยที่ในกังหันตัวหนึ่งอาจมีกังหันทั้ง 2 แบบ รวมอยู่ด้วยกัน

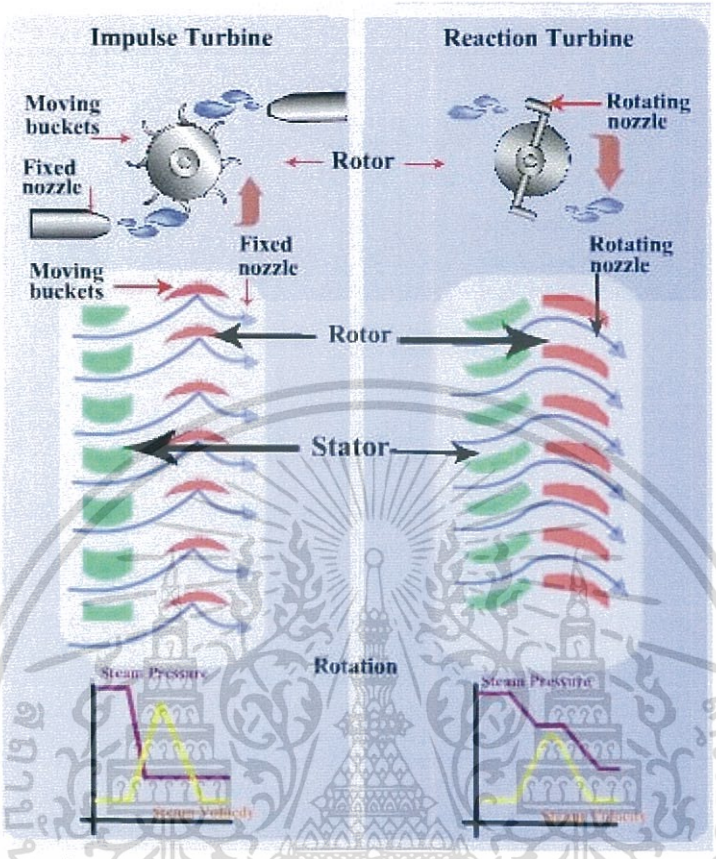


รูปที่ 2.23 การทำงานของกังหันแบบอิมพัลส์ (Impulse Turbine)



รูปที่ 2.24 การทำงานของแบบรีแอคชัน (Reaction Turbine)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 ไดอะแกรมการทำงานของกังหันแบบอิมพัลส์ (Impulse Turbine) และแบบรีแอคชัน (Reaction Turbine)

2.6.3 หลักการทำงานของโรงไฟฟ้า

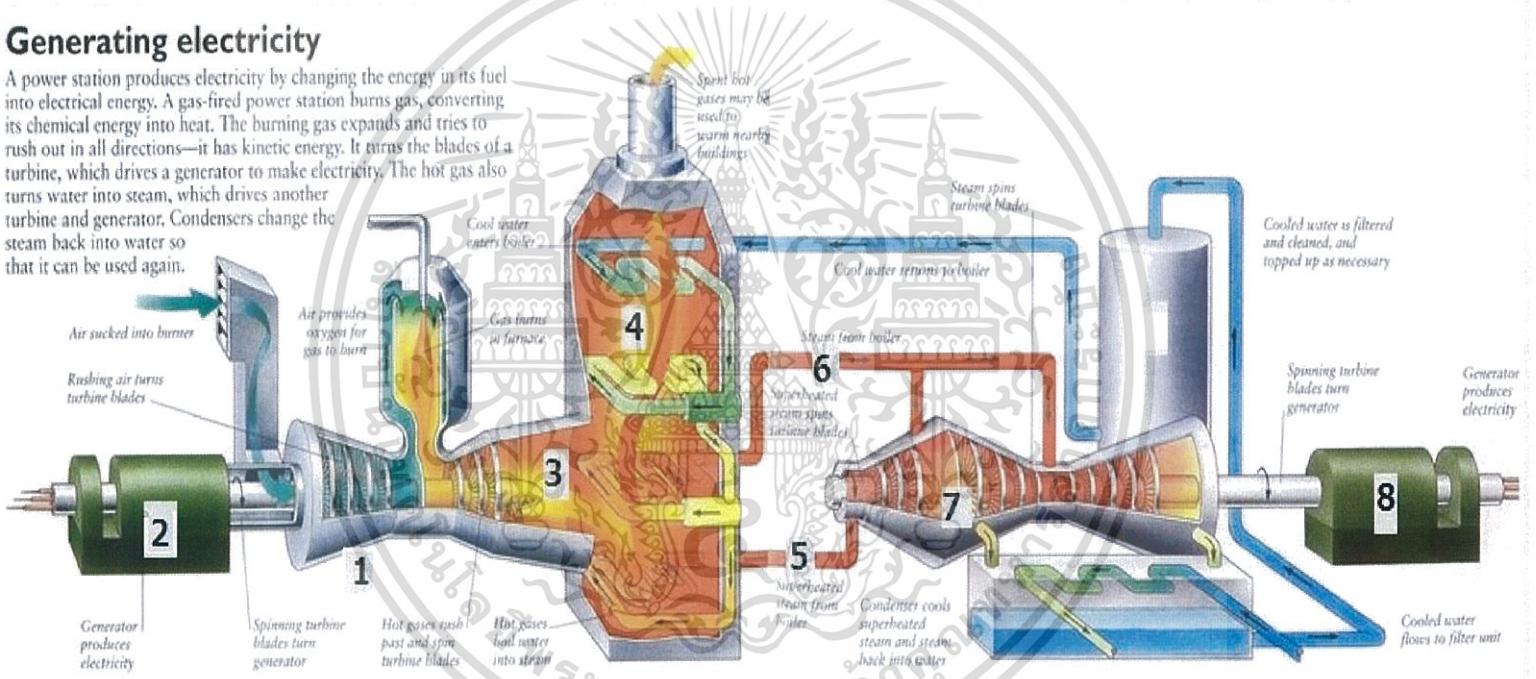
โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมส่วนใหญ่จะมี Generator ทั้งหมด 3 ตัว แบ่งเป็น

1. Generator Gas Turbine 2 ตัว
2. Generator Steam Turbine 1 ตัว

โดยหลักการทำงานมีขั้นตอนดังนี้

1. ติดเครื่อง Gas Turbine ที่หมายเลข 1
2. ปั่นไดนาโมผลิตไฟฟ้าที่หมายเลข 2
3. เครื่อง Gas Turbine ปล่อยไอเสียออกมาที่หมายเลข 3
4. ใช้ไอเสียไปเป็นเชื้อเพลิงต้มน้ำที่หม้อต้มไอน้ำ ที่หมายเลข 4
5. ไอน้ำแรงดันสูงส่งไปที่ท่อหมายเลข 5 และ 6 และส่งไปในกังหันไอน้ำที่หมายเลข 7
6. เมื่อกังหันไอน้ำทำงาน จะปั่นไดนาโมหมายเลข 8 ผลิตไฟฟ้าออกมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 โครงสร้างของโรงไฟฟ้า

2.7 อาดูโน่ (Arduino)

เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ ตัวบอร์ดถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

รูปที่ 2.27 บอร์ด Arduino UNO R3

จุดเด่นของบอร์ดอาดูโน่

1. ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐานไม่ซับซ้อน
2. Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันตั้งใจพัฒนา
3. Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
4. ราคาไม่แพง
5. Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

2.7.1 คำสั่งโปรแกรมของอาดูโน่

จะใช้ Library ของภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งภาษา C++ ดังนี้

1. คำสั่ง void setup หน้าที่ของฟังก์ชัน setup() ในอาดูโน่คือ ใช้ทำหน้าที่เป็นส่วนของโปรแกรมย่อยสำหรับใช้บรรจุคำสั่งต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการกำหนดการทำงานของระบบหรือกำหนดคุณสมบัติของการทำงานให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งคำสั่งทั้งหมดที่บรรจุไว้ภายใต้ฟังก์ชัน ของ setup() นี้จะถูกเรียกขึ้นมาทำงานเพียงรอบเดียวคือตอนเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม (หลังการรีเซ็ตให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มต้นทำงาน) เท่านั้น โดยคำสั่งที่นิยมบรรจุไว้ในฟังก์ชันส่วนนี้ได้แก่ คำสั่งกำหนดโหมดการทำงานของ Digital Pin หรือคำสั่งสำหรับกำหนด คุณสมบัติของพอร์ตสื่อสารอนุกรม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คำสั่ง void loop หน้าที่ของฟังก์ชัน loop() ในอาดูโน่คือ ใช้ทำหน้าที่เป็นส่วนของโปรแกรมหลักสำหรับใช้บรรจุคำสั่งควบคุมการทำงานต่าง ๆ ของโปรแกรมที่ต้องการใช้ โปรแกรมทำงานโดยคำสั่งที่บรรจุไว้ในฟังก์ชันนี้จะถูกเรียกขึ้นมาทำงานซ้ำ ๆ กันตามลำดับและ เงื่อนไขที่กำหนดไว้

3. คำสั่ง if...else คำสั่ง if...else ใช้สำหรับการตรวจสอบเงื่อนไขที่มีหลายทางเลือกเพิ่มขึ้นอีก 1 ทางเลือก คำสั่ง if...else แบบ 2 ทางเลือก มีความหมายว่า ถ้าเงื่อนไขเป็นจริงให้ทำตามเงื่อนไขของ if ถ้าเงื่อนไขเป็นเท็จให้ทำตามเงื่อนไขของ else จะเห็นได้ว่าโปรแกรมจะมีทางเลือกในการทำงานที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 1 ทาง รวมเป็น 2 ทาง โดยทางเลือกแรกเป็นทางเลือกที่โปรแกรมจะทำงานเมื่อเงื่อนไขเป็นจริง ส่วนทางเลือกที่ 2 เป็นทางเลือก ที่จะให้โปรแกรมทำงาน เมื่อเงื่อนไขเป็นเท็จ

4. คำสั่ง Serial.print (data) และ Serial.println (data) คำสั่งนี้ใช้ทำหน้าที่สำหรับสั่งให้ข้อมูลออกไปยังพอร์ตสื่อสารอนุกรมอย่างต่อเนื่องในลักษณะของการแสดงข้อมูล ตัวแปรหรือข้อความต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในพารามิเตอร์ภายในวงเล็บ () ออกทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม (พร้อม แสดงผลบนหน้าจอ หากบอร์ดอาดูโน่ต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์) กลุ่มคำสั่ง Serial.print และ Serial.println โดยทั้ง 2 กลุ่มคำสั่งจะมีรูปแบบการใช้งานและให้ผลการทำงานที่เหมือนกัน แต่ต่างกันที่ Serial.println จะมีการเติมค่ารหัสขึ้นบรรทัดใหม่ (0x0D, 0x0A) ปิดท้ายการทำงาน ของคำสั่งไปด้วย แต่ส่วนอื่น ๆ จะเหมือนกันหมด

2.7.2 ชนิดและประเภทของตัวแปร

ชนิดและประเภทของตัวแปรในภาษาซีแบ่งเป็น 5 ชนิด แสดงดังตารางที่ 2.1

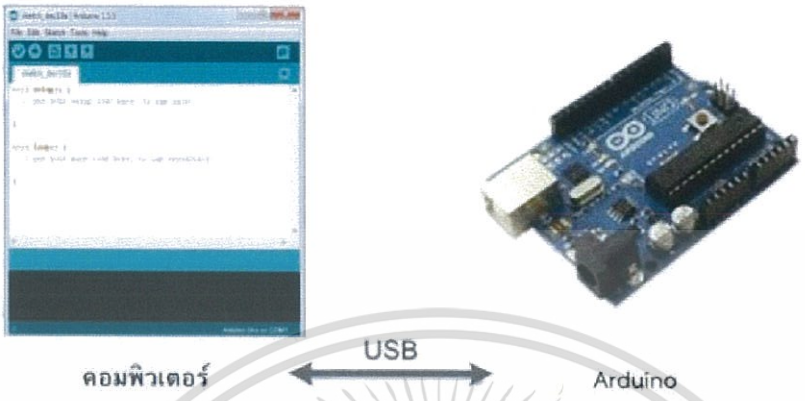
1. คำสั่ง Char ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นตัวอักษร (Character) เก็บข้อมูลที่เป็นเลขจำนวนเต็มได้ 256 ค่า
2. คำสั่ง int ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นเลขจำนวนเต็ม (Integer) เก็บข้อมูลที่เป็นเลขจำนวนเต็มได้ 6,553 ค่า
3. คำสั่ง Float ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นเลขทศนิยมแบบ Single Precision
4. คำสั่ง Double ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นเลขทศนิยมแบบ Double Precision ซึ่งสามารถเก็บค่าตัวเลขทศนิยมที่มีความละเอียดและถูกต้องของทศนิยมมากกว่าแบบ float ถึง 2 เท่า
5. คำสั่ง Void ใช้เก็บตัวแปรที่ไม่มีค่า

ตารางที่ 2.1 ชนิดของตัวแปรในภาษาซี

ชนิดตัวแปร	จำนวนบิต	ค่าข้อมูลที่เก็บได้
char	8	-128 ถึง +127
int	16	-32,768 ถึง +32,767
float	32	3.4E-38 ถึง 3.4E+38
double	64	1.7E-308 ถึง +1.7E+308
void	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

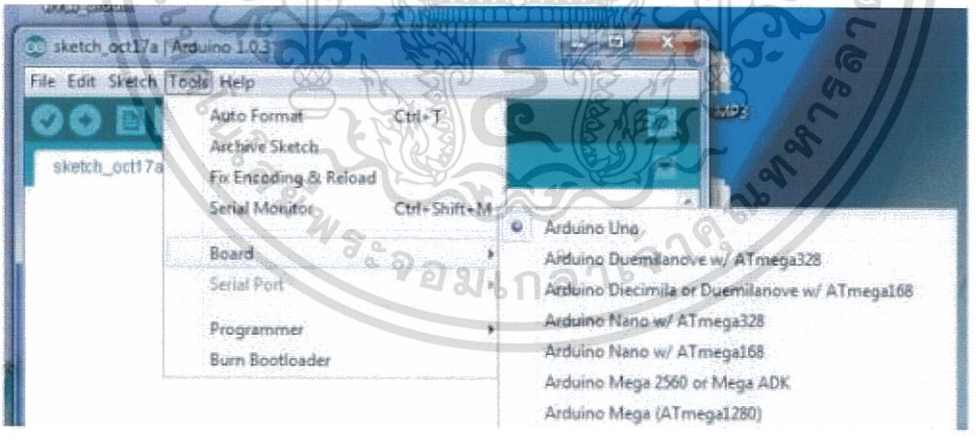
2.7.3 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบนอาดูโน



รูปที่ 2.28 การเขียนโปรแกรมบนอาดูโน

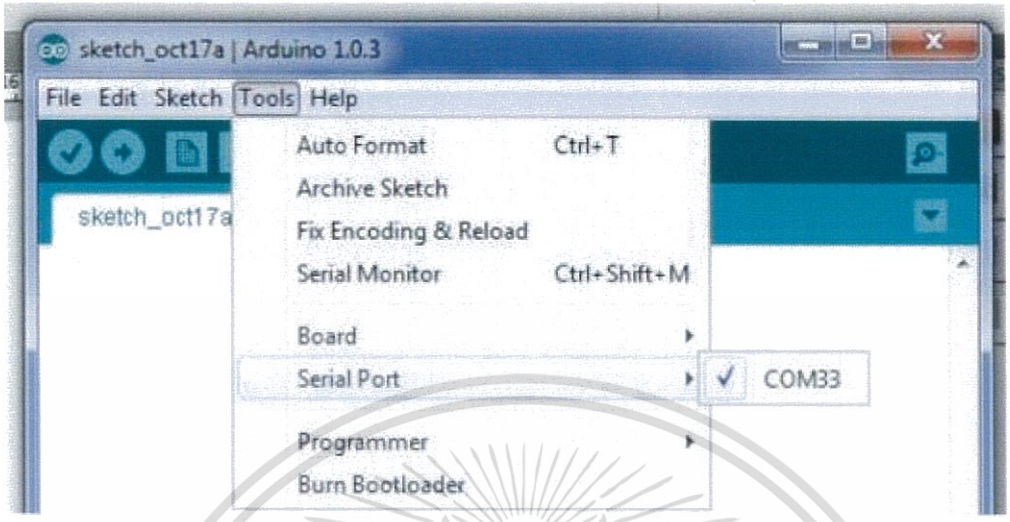
ขั้นตอนการใช้โปรแกรม

1. เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรมอาดูโน IDE ดังรูปที่ 2.28
2. จากนั้นเขียนโค้ดโปรแกรมให้เรียบร้อย แล้วโหลดโปรแกรมลงบอร์ดอาร์ดูอิโน ที่ใช้ดัง รูปที่ 2.29
3. หมายเลข Com port ดังรูปที่ 2.30



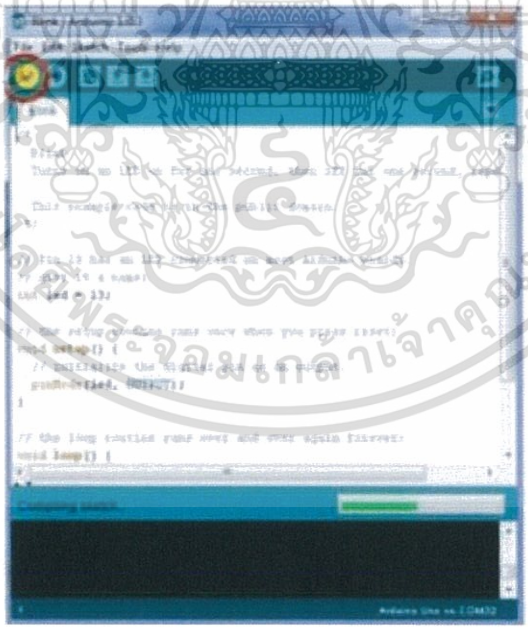
รูปที่ 2.29 รุ่นบอร์ดอาดูโนที่ต้องการอัพโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 หมายเลข Comport ของบอร์ด

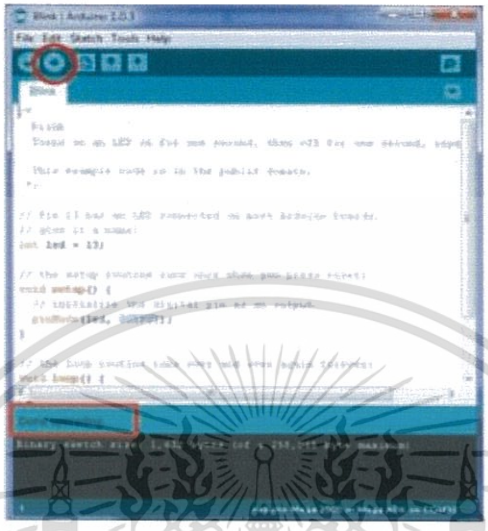
กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ด โปรแกรมไปยังบอร์ดอาดูโน ผ่านทางสาย USB ดังรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Upload เรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done uploading”และบอร์ดจะเริ่ม ทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันทีดังรูปที่ 2.33

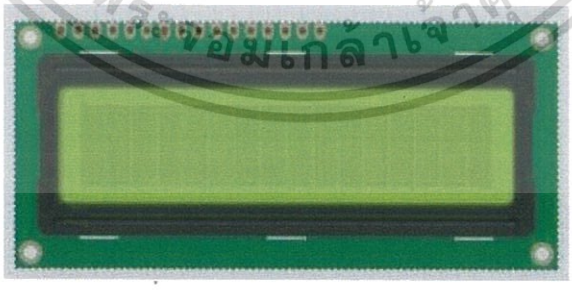


รูปที่ 2.32 Upload โค้ดโปรแกรม

2.8 จอแสดงผลแอลซีดี

2.8.1 จอแสดงผลแอลซีดี

LCD ย่อมาจาก Liquid Crystal Display ซึ่งเป็นจอแสดงผลแบบดิจิตอล โดยภาพที่ปรากฏขึ้นเกิดจากแสง ที่ถูกปล่อยออกมาจากหลอดไฟด้านหลังของจอภาพแบบ Black Light ผ่านชั้นกรองแสง (Polarized filter) แล้ววิ่งไปยังคริสตัลเหลวที่เรียงตัวด้วยกัน 3 เซลล์คือ แสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน กลายเป็นพิกเซล (Pixel) ที่สว่างสดใสเกิดขึ้น



รูปที่ 2.33 จอแสดงผลแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จอแสดงผลแอลซีดีที่มีการเชื่อมต่อแบบ I²C หรือเรียกอีกอย่างว่าการเชื่อมต่อแบบ Serial จะเป็นจอ LCD ธรรมดาทั่วไปที่มาพร้อมกับบอร์ด I²C Bus ที่ทำให้การใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้นและยังมาพร้อมกับ VR สำหรับปรับความเข้มของจอ ในรูปแบบ I²C จะใช้ขาในการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพียง 4 ขา (แบบ ขนาน ใช้16 ขา) ซึ่งทำให้ใช้งานได้ง่ายและสะดวกมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 2.2 การควบคุมการแสดงผลของจอแอลซีดี (I²C)

Pin No	Symbol	Description
1	GND	Ground
2	VCC	+5VDC
3	SDA	Serial data
4	SCL	Serial clock

2.8.2 การควบคุมการแสดงผลของจอแอลซีดี(I²C)

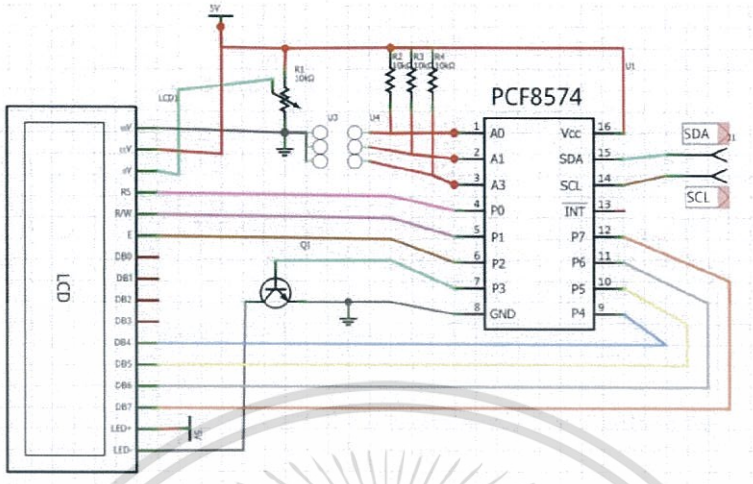
จากตารางที่ 2.2 อธิบายได้ว่าในการควบคุมหรือสั่งงาน โดยทั่วไปจอแสดงผลแอลซีดีจะมีส่วนควบคุม (Controller) อยู่ในตัวแล้วผู้ใช้สามารถส่งรหัสคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของแอลซีดี I²C เช่นเดียวกันกับจอแสดงผลแอลซีดีแบบธรรมดา กล่าวคือ รหัสคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมนั้นเหมือนกัน แต่ต่างกันตรงที่รูปแบบในการรับส่งข้อมูล ในโครงงานนี้จะใช้จอแสดงผลแอลซีดีขนาด 20x4 ที่มีการส่งข้อมูลรูปแบบ I²C ที่ใช้ ขาเพียง 4 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อเท่านั้น

1. GND ใช้ต่อระหว่างกราวน์ ของระบบไมโครคอนโทรเลอร์กับแอลซีดี
2. VCC เป็นไฟเลี้ยงวงจรที่ป้อนให้กับแอลซีดีมีขนาด +5 VDC
3. SDA (Serial Data) เป็นขาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล
4. SCL (Serial Clock) เป็นขาสัญญาณนาฬิกาในการรับส่งข้อมูล การรับ-ส่งข้อมูลแบบ I²C BUS

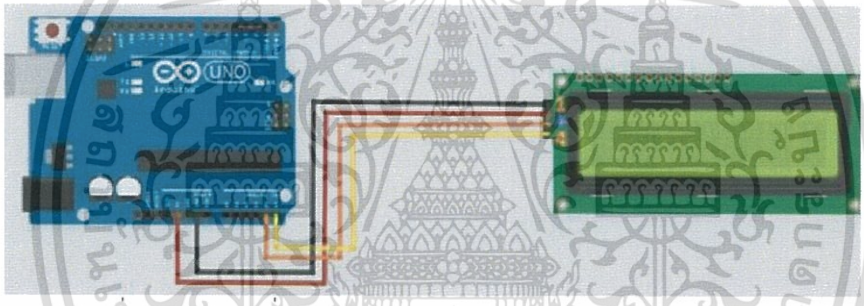
2.8.3 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับแอลซีดี(I²C)

สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับแอลซีดีที่มีบอร์ด I²C อยู่แล้วนั้น การส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกส่งออกมาในรูปแบบ I²C ไปยังบอร์ด I²C และบอร์ดจะมีหน้าที่จัดการข้อมูลให้ออกมาในรูปแบบปกติหรือแบบขนาน เพื่อใช้ในการติดต่อไปยังจอแอลซีดีโดยที่รหัสคำสั่งที่ใช้ในการสั่งงานจอแอลซีดียังคงไม่ต่างกับจอแอลซีดีที่เป็นแบบขนาน โดยส่วนใหญ่บอร์ด I²C จะเชื่อมต่อกับตัวควบคุมของจอแอลซีดีเพียง 4 บิตเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.34 วงจรภายในระหว่างจอแอลซีดีกับบอร์ด I²C



รูปที่ 2.35 การเชื่อมต่อระหว่างอาร์ดูอิโน่กับจอแอลซีดี (I²C)

2.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ

เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) เป็นทรานสดิวเซอร์ (Transducer) หรือ เซนเซอร์ (Sensor) สำหรับวัดอุณหภูมิ ได้จากการนำโลหะสองชนิดมาต่อเข้าด้วยกัน แบ่งเป็นสองขั้วคือ ด้าน T+ และด้าน T- ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดโลหะที่นำมาใช้ และสามารถวัดความต่างศักย์หรือแรงดันไฟฟ้าได้ (Thermoelectric Voltage) ซึ่งอยู่ในช่วงที่ต่ำมาก (ระดับไมโครโวลต์ μV) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ จะทำให้แรงดันเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิแบบเชิงเส้น เทอร์โมคัปเปิลมีหลายชนิด เช่น K-, J-, N-, T-, S-, R-, or E-type เป็นต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับวัสดุโลหะที่นำมาใช้งาน

โดยทั่วไปแล้ว จะใช้ไอซีสำหรับการอ่านค่าอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิล (เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้าให้เป็นค่าอุณหภูมิ) เช่น ไอซี AD595 ที่ให้เอาต์พุตแบบ Analog (10mV/°C) หรือไอซี MAX6675 ซึ่งใช้กับเทอร์โมคัปเปิลแบบ K-Type และให้เอาต์พุตแบบดิจิทัล หรือ MAX31855 ซึ่งใช้ได้กับเทอร์โมคัปเปิลได้หลายชนิด

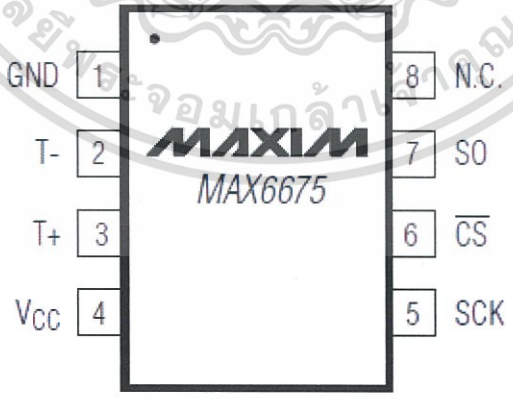
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์โมคัปเปิล K-Type ประกอบด้วยโลหะผสมด้านบวก (T+) คือ Chromel (90% nickel +10% chromium) และโลหะผสมด้านลบ (T-) คือ Alumel (95% nickel + 2% manganese + 2% aluminum + 1% silicon) และใช้สำหรับวัดอุณหภูมิในช่วง -270 to +1370 °C โดยประมาณ

ในการใช้งาน ปลายด้านหนึ่งที่เรียกว่า รอยต่อด้านร้อน (Hot Junction) จะใช้สำหรับวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งที่เรียกว่า รอยต่อด้านเย็น (Cold Junction) จะถูกใช้เป็นจุดอ้างอิง ผลต่างของอุณหภูมิของทั้งสองด้านจะแปรผันตรงกับแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ โดยทั่วไป จุดอ้างอิงจะไม่ใช่จุดที่มีอุณหภูมิ 0 °C แต่จะเป็นอุณหภูมิแวดล้อม ดังนั้นจะต้องวัดอุณหภูมิบริเวณดังกล่าวเพื่อนำไปชดเชยในการแปลงแรงดันที่วัดได้ให้เป็นค่าอุณหภูมิ (เรียกว่า Cold-Junction Compensation) ในปัจจุบันมีไอซีที่ทำหน้าที่สำหรับเชื่อมต่อกับเทอร์โมคัปเปิลโดยเฉพาะ และสามารถนำไปเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ไม่ยาก

2.9.1 ข้อมูลเชิงเทคนิคเกี่ยวกับ MAX6675

1. ใช้แรงดันไฟเลี้ยง Vcc: +3.0V .. +5.5V
2. ตัวถังแบบ 8-Pin SOIC
3. เชื่อมต่อแบบ SPI: ขา CLK, DO, /CS และส่งข้อมูลออกมาแบบ MSB First ขนาด 16 บิต
4. มีขา T+ (สำหรับ Chromel) และ T- (สำหรับ Alumel) เพื่อต่อกับเทอร์โมคัปเปิล
5. ใช้กับ Thermocouple แบบ K-Type เท่านั้น และวัดอุณหภูมิในช่วง 0°C to 1023.75°C (ด้าน Hot Junction)
6. ข้อมูลสำหรับค่าอุณหภูมิ มีขนาด 12 บิต และมีความละเอียด 0.25 °C
7. มีการชดเชยอุณหภูมิที่ด้านรอยต่อเย็น (Cold-Junction Compensation)
8. ระยะเวลาในการแปลงค่า (Conversion Time) : 0.22 sec (max.)

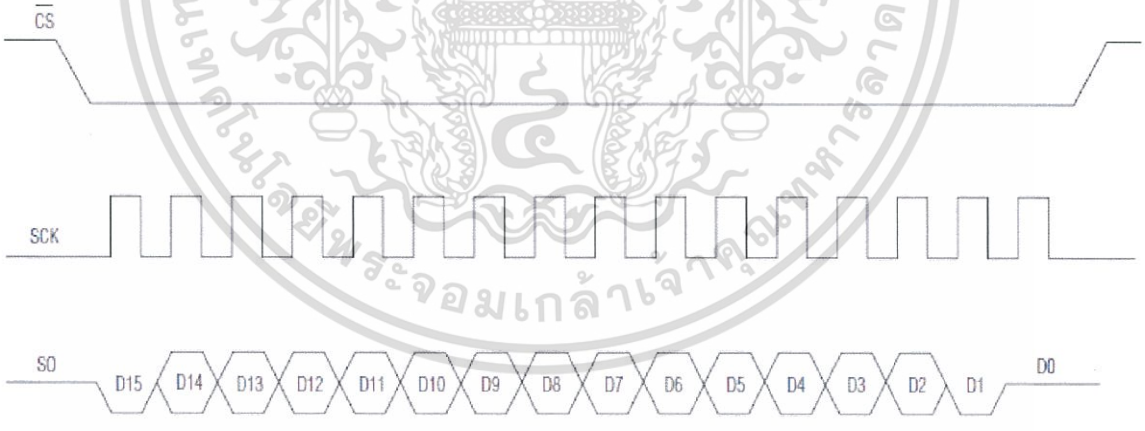


รูปที่ 2.36 ตัวถังของไอซี MAX6675

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 คำอธิบายขาต่าง ๆ ของไอซี MAX6675

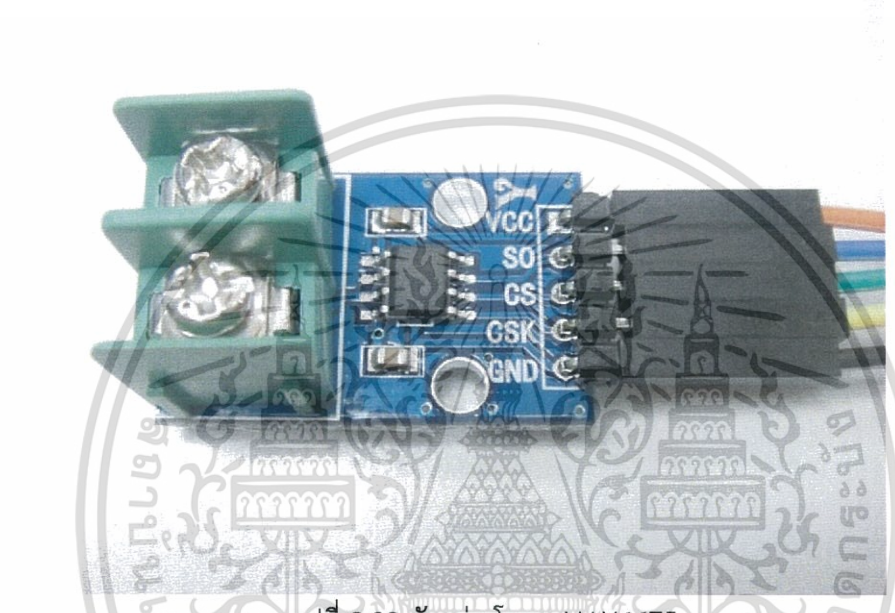
PIN	NAME	FUNCTION
1	GND	Ground
2	T-	Alumel Lead of Type-K Thermocouple. Should be connected to ground externally.
3	T+	Chromel Lead of Type-K Thermocouple
4	V_{CC}	Positive Supply. Bypass with a 0.1µF capacitor to GND.
5	SCK	Serial Clock Input
6	$\overline{CS}$	Chip Select. Set $\overline{CS}$ low to enable the serial interface.
7	SO	Serial Data Output
8	N.C.	No Connection



รูปที่ 2.37 คลื่นสัญญาณดิจิทัลของบัส SPI ในการสื่อสารข้อมูลกับไอซี MAX6675

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเชื่อมต่อกับไอซี MAX6675 โดยใช้ขาของบัส SPI จะใช้เพียงขา /CS, SCK และ MISO แต่ไม่ต้องใช้ขา MOSI ข้อมูลจะถูกส่งออกมาจากไอซี (ขา SO) ทีละบิต เป็นการเลื่อนบิตแบบ MSB First ตามจังหวะของสัญญาณ SCK ทั้งหมด 16 บิต บิตที่ 14 .. 3 เป็นข้อมูลขนาด 12 บิต และต้องนำไปคูณด้วย 0.25 °C จึงจะได้ค่าอุณหภูมิ บิตที่ 2 ใช้ระบุว่า ขา T+ และ T- ต่อกับเทอร์โมคัปเปิลหรือไม่ (Open Input Detection) ถ้าไม่ได้ต่อขาอินพุต จะได้ค่าบิตนี้เป็น 1

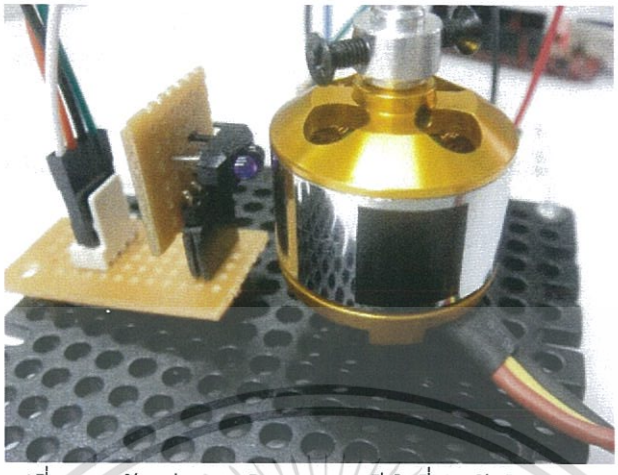


รูปที่ 2.38 ตัวอย่างโมดูล MAX6675

2.10 ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับวัดความเร็วรอบ

การวัดความเร็วรอบด้วยเซนเซอร์อินฟราเรด (Infrared tachometer) เป็นวิธีการหนึ่งที่ทำได้ง่ายและมีต้นทุนต่ำ โดยใช้การติดกระดาษหรือวัสดุที่มีสีขาวและสีดำ (หรือวัสดุที่สะท้อนแสงและวัสดุที่ดูดกลืนแสงอินฟราเรดได้ดี) ที่บริเวณเปลือกด้านนอกของมอเตอร์ และติดตั้งเซนเซอร์แสงอินฟราเรดที่มี LED ให้แสงอินฟราเรด (IR LED) และมีตัวรับแสงเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) จะทำให้ได้สัญญาณเอาต์พุต (แรงดันไฟฟ้า) จากเซนเซอร์ที่แตกต่างกัน เนื่องจากมีการสะท้อนหรือดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่แตกต่างกัน

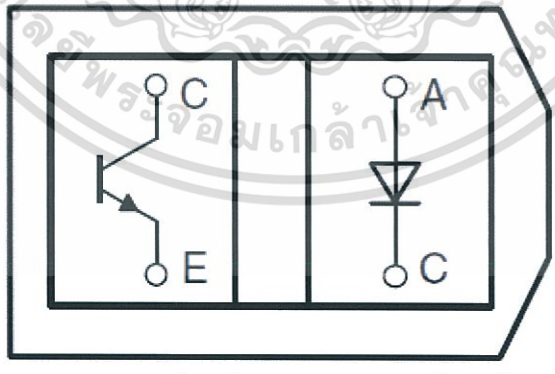
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.39 ตัวอย่างการติดกระดาษสีดำที่รองรับอินฟราเรด

ในการทดลองได้เลือกใช้ เซนเซอร์แสงอินฟราเรดแบบสะท้อนกลับ (Reflective Infrared Sensor) เบอร์TCRT5000 ซึ่งมีขนาดเล็ก และประกอบด้วยสองส่วนหลัก รวมไว้ในตัวถังเดียวกันคือ ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด (IR LED) และโฟโต้ทรานซิสเตอร์ (สำหรับแสงในช่วงอินฟราเรด) และนำมาต่อวงจรดังนี้

1. ต่อขา Anode ของ IR LED ผ่านตัวต้านทาน 330 โอห์ม ไปยัง VCC=+5V
2. ต่อขา Cathode ของ IR LED ไปยัง GND
3. ต่อขา Emitter ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ไปยัง GND
4. ต่อขา Collector ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ กับ VCC=+5V โดยผ่านตัวต้านทาน 10k โอห์มและที่ขา Collector นี้ จะได้แรงดันเอาต์พุตของเซนเซอร์



รูปที่ 2.40 ขาของเซนเซอร์แสงอินฟราเรดแบบสะท้อนกลับ TCRT5000

โดยที่ ขา A-C (ด้านซ้ายของรูป) คือ ขา Anode และ Cathode ของ IR LED และ ขา C-E (ด้านขวาของรูป) คือ ขา Collector และ Emitter ของ Phototransistor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

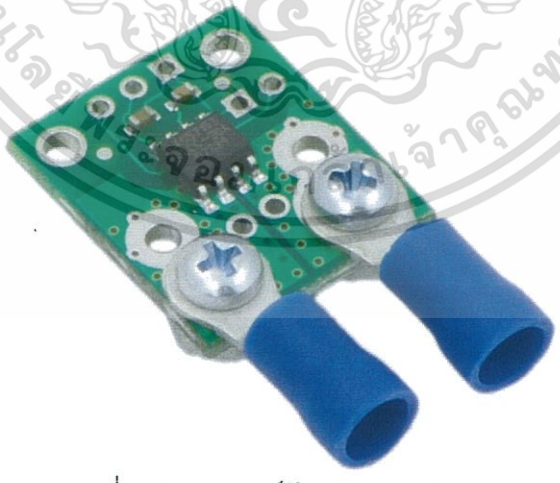
เมื่อแถบสีดำหมุนอยู่ในตำแหน่งตรงกับเซนเซอร์แสงอินฟราเรด จะทำให้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ ได้รับแสงสะท้อนกลับน้อยมาก และไม่ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน จึงไม่มีกระแสคอลเลคเตอร์ไหลจาก Collector ไปยัง Emitter แรงดันเอาต์พุตที่ได้จะใกล้เคียงกับ VCC (มองให้เป็นลอจิก HIGH) แต่ถ้าเป็นบริเวณที่มีแสงสะท้อนกลับมาในปริมาณมาก จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน (active) และมีกระแสไหล และทำให้แรงดันเอาต์พุตต่ำใกล้เคียง GND (มองให้เป็นลอจิก LOW) เมื่อหมุนครบหนึ่งรอบ จะได้สัญญาณในลักษณะเป็นแบบ Pulse หนึ่งลูก และถ้าเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ นับจำนวนลูกคลื่นสัญญาณในหนึ่งช่วงเวลา หรือวัดระยะเวลาระหว่างลูกคลื่นถัดกัน ก็สามารถคำนวณความเร็วรอบของมอเตอร์ได้

คำแนะนำ: ระยะห่างระหว่างเซนเซอร์ TCRT5000 และผิวด้านนอกของกระดาษสีดำ ควรมีระยะห่างประมาณ 3 - 5 มม. (ไม่ควรให้อยู่ใกล้หรือไกลเกินไป) ทดลองหมุนด้วยมือก่อนและวัดสัญญาณเอาต์พุตเพื่อดูระดับของแรงดันที่ได้และสังเกตการเปลี่ยนแปลง

2.11 ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับวัดกระแสไฟฟ้า

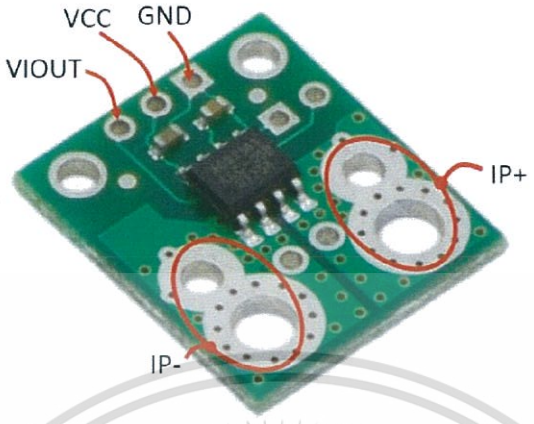
การวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าจะใช้ไอซี ACS714 เป็นโมดูลวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า ซึ่งใช้หลักการของ Hall effect ในการวัดกระแส โดยใช้ตัวต้านทานเป็นโหลดทางไฟฟ้า และใช้บอร์ด Arduino อ่านค่าจากแรงดันเอาต์พุตแบบแอนะล็อกของโมดูลดังกล่าว แล้วแสดงปริมาณกระแสที่วัดได้บนโมดูล 16x2 LCD

ไอซีวัดกระแส ACS714 ของสามารถใช้แรงดันไฟเลี้ยง VCC ในช่วง 4.5V ถึง 5.5V วัดกระแสได้ในสองทิศทาง (DC และ AC) และให้แรงดันเอาต์พุต VOUT แบบเชิงเส้น (Linear) และมีไอซีในตระกูลนี้ให้เลือกใช้แตกต่างกันตามช่วงของการวัดกระแส เช่น ±5A, ±20A และ ±30A เป็นต้น และมีค่า Output Sensitivity ในช่วง 66 mV/A ถึง 185 mV/A

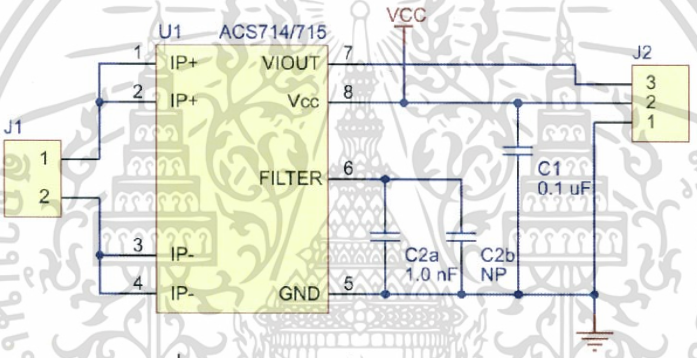


รูปที่ 2.41 เซนเซอร์วัดกระแส ACS714

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.42 บอร์ดเซนเซอร์ ACS714



รูปที่ 2.43 วงจรบอร์ดเซนเซอร์ ACS714

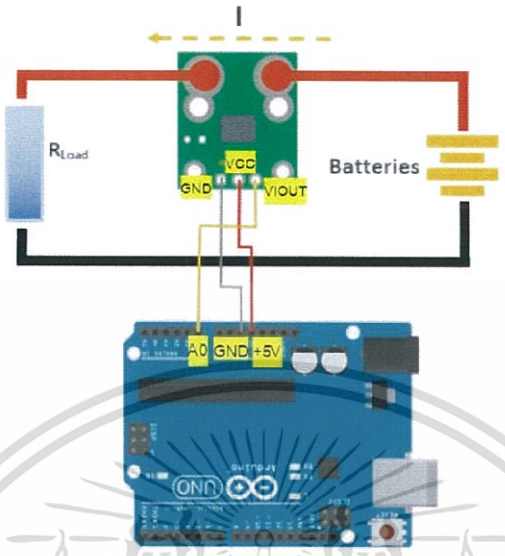
จาก วงจรบอร์ดเซ็นเซอร์ ACS714 จะเห็นได้ว่าประกอบไปด้วย IC เบอร์ ACS714 ขาที่ 1,2 (IP+) คือวัดกระแสไหลเข้า ขาที่ 3,4 (IP-) คือวัดกระแสไหลออก ขา VIOUT คือขาสัญญาณเอาท์พุต มีแรงดันตั้งแต่ 0-VCC มี C1 ค่า 0.1uF ต่อคร่อมระหว่างขา VCC และ GND เป็น Bypass Capacitors ตัวกรองสัญญาณรบกวนที่เข้ามาจากแหล่งจ่าย ภายใน IC ประกอบด้วยวงจร RC สำหรับกำหนดย่านความถี่ (Bandwidth) โดยมี R ค่า 1.7 KΩ อยู่ภายใน และต่อ C2a ภายนอกไว้เป็น C ที่เซ็นเซอร์ใช้เป็นค่ามาตรฐานโดยผู้ผลิตกำหนดไว้ที่ 1.0 nF คือ Bandwidth ไม่เกิน 90 kHz ผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนค่า Bandwidth ใหม่โดยต่อ C เพิ่มที่ C2b โดยหาค่าได้จากสูตร

$$F = 1 / (2\pi RC) = 1 / (11k\Omega * (1\ nF + Cf))$$

โดย F คือ ความถี่ที่ถูกลดทอน

Cf คือ ค่า C2b ต่อที่ขา Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.44 ตัวอย่างการต่อการใช้การ ACS714 ร่วมกับ Arduino

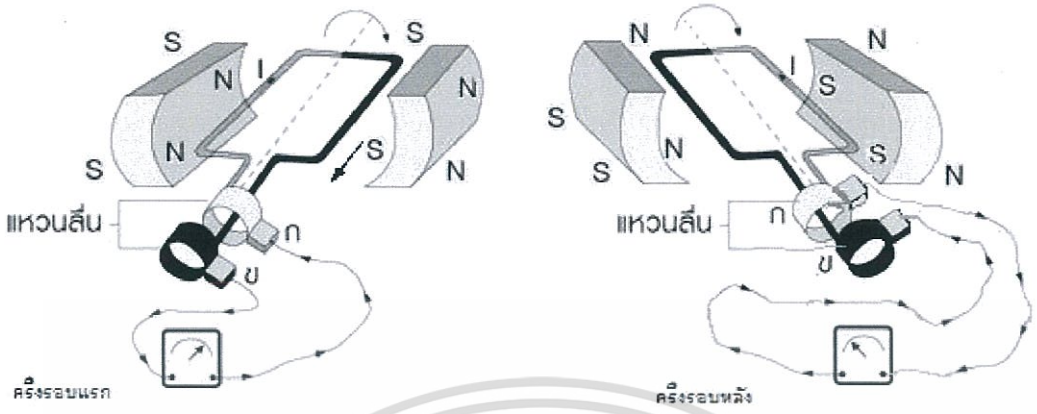
2.12 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.12.1 ความหมายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือ ไดนาโม (Dynamo) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า มีส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่ ขดลวดที่พันอยู่รอบแกน เรียกว่า อาเมเจอร์ (Armature) แม่เหล็ก 2 แท่ง หันขั้วต่างกันเข้าหากัน เพื่อให้เกิดสนามแม่เหล็กโดยจะมีเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้ และบริเวณขั้วจะมีความเข้มของสนามแม่เหล็กมากกว่าบริเวณอื่น ๆ โดยไดนาโมแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

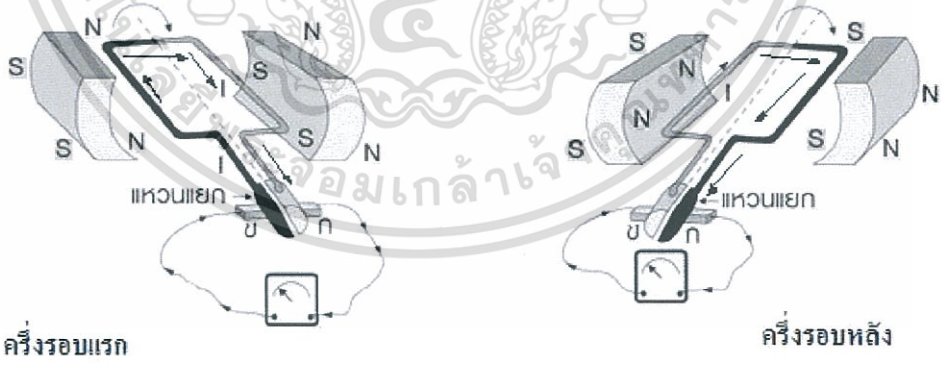
1. ไดนาโมกระแสสลับ (AC Dynamo) ประกอบด้วย แท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง ขดลวด และแหวนลื่นโดยแหวนลื่น 2 วงสัมผัสกับแปรงตัวนำไฟฟ้าซึ่งจะรับกระแสไฟฟ้าจากขดลวดออกสู่วงจรภายนอก กระแสสลับ คือกระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางการไหลสลับไปกลับมาอย่างรวดเร็วมากอยู่ตลอดเวลา ในไดนาโมที่ใช้งานจริง ๆ ใช้ขดลวดตัวนำหลายขดให้เคลื่อนที่ตัดเส้นแรงแม่เหล็กเราเรียกขดลวดตัวนำที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กนี้ว่า อาร์มาเจอร์ (Armture) ไดนาโมกระแสสลับประกอบด้วย แท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง วางขั้วต่างกันเข้าหากัน และมีขดลวดตัวนำอยู่ตรงกลาง เมื่อขดลวดหมุดวงแหวนทั้งสองจะหมุนตามไปด้วยโดยแตะกับแปรงอยู่ตลอดเวลา แปรงทั้งสองติดอยู่กับวงวจรภายนอกเพื่อนำกระแสไฟฟ้าออกไปใช้ประโยชน์เมื่อใช้พลังงานกลมาหมุนขดลวด ขดลวดเคลื่อนที่ตัดเส้นแรงแม่เหล็ก ก่อให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวด เมื่อขดลวดนี้ต่อครบวงจรกับความต้านทานภานนอกแล้ว ย่อมได้กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำไหลในวงจรเหนี่ยวนำไหลในวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.45 ไดนาโมกระแสสลับ

2. ไดนาโมกระแสตรง (DC Dynamo) ส่วนประกอบเหมือนกับไดนาโมกระแสสลับทุกอย่าง ต่างกันแต่วงแหวนเท่านั้น ไดนาโมกระแสตรงใช้วงแหวนผ่าซีก (Split ring) ซึ่งเรียกว่า คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) แต่ละซีกมีลักษณะเป็นครึ่งวงกลมติดต่ออยู่กับปลายของขดลวดปลายละซีก ครึ่งวงแหวนแต่ละซีกแต่อยู่กับแปรง แปรงละซีกแปรงทั้งสองติดต่อกับวงจรภายนอกเพื่อนำกระแสไฟไปใช้ประโยชน์ดังรูปจากการดัดแปลงแหวนให้เป็นคอมมิวเตเตอร์ เมื่อใช้หลังงานกลมาหมุนขดลวดให้ตัดเส้นแรงแม่เหล็กจะได้กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำเข้าสู่วงจรภายนอก โดยมีทิศทางการไหลเพียงทิศเดียวตลอดเวลา กระแสไฟฟ้าที่ได้จึงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.)



รูปที่ 2.46 ไดนาโมกระแสตรง

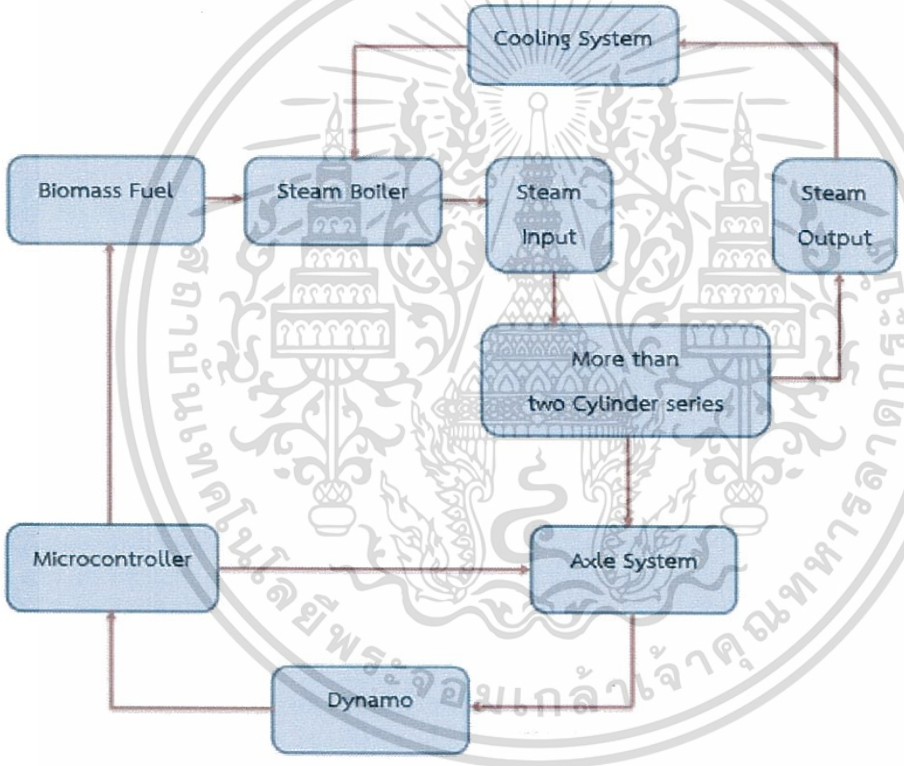
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำโครงงาน

3.1 การออกแบบบล็อกไดอะแกรม

จากทำงานของระบบ เริ่มจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อต้มน้ำให้เดือดจนกลายเป็นไอน้ำ ซึ่งเราสามารถเพิ่มระดับพลังงานความร้อนโดยการเติมเชื้อเพลิงจนถึงระดับแรงดันที่เราต้องการ จากนั้น แรงดันไอน้ำจะไปผลักลูกสูบ 2 ชุดให้ทำงานสัมพันธ์กันกับระบบวาล์วไอดี-ไอเสีย จนให้เพลาสามารถไปหมุนไดนาโมเกิดเป็นกระแสไฟ และนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ควบคุม



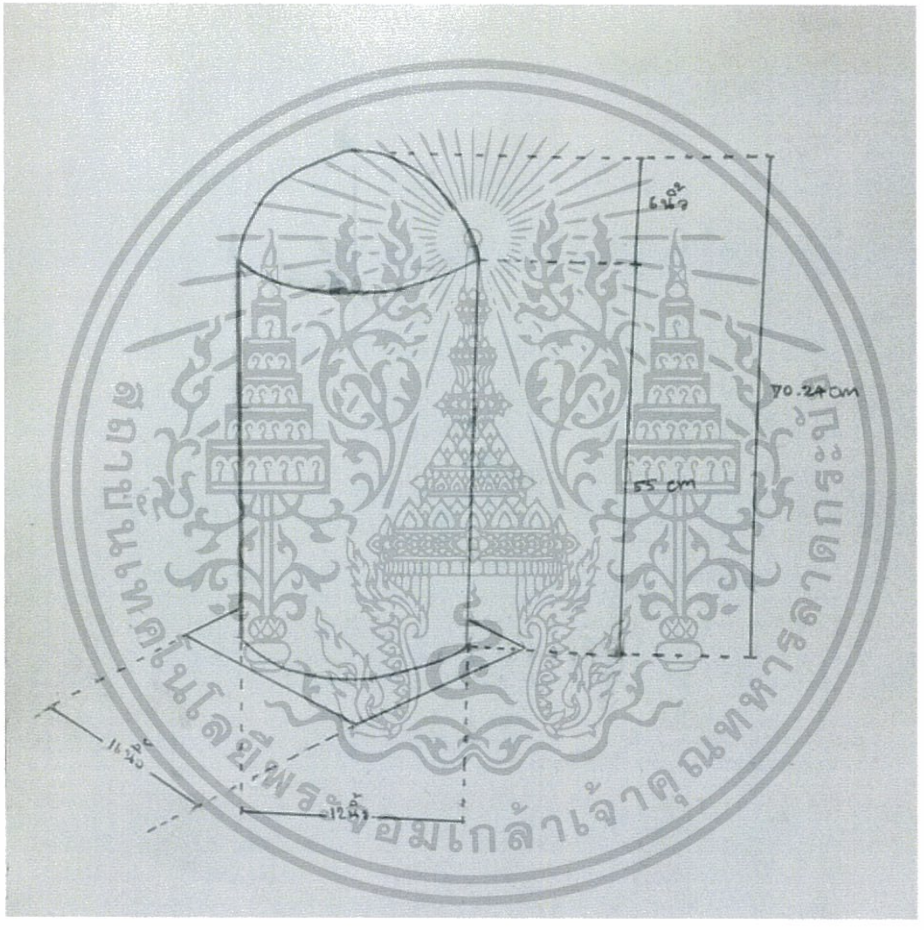
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบระบบในส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware)

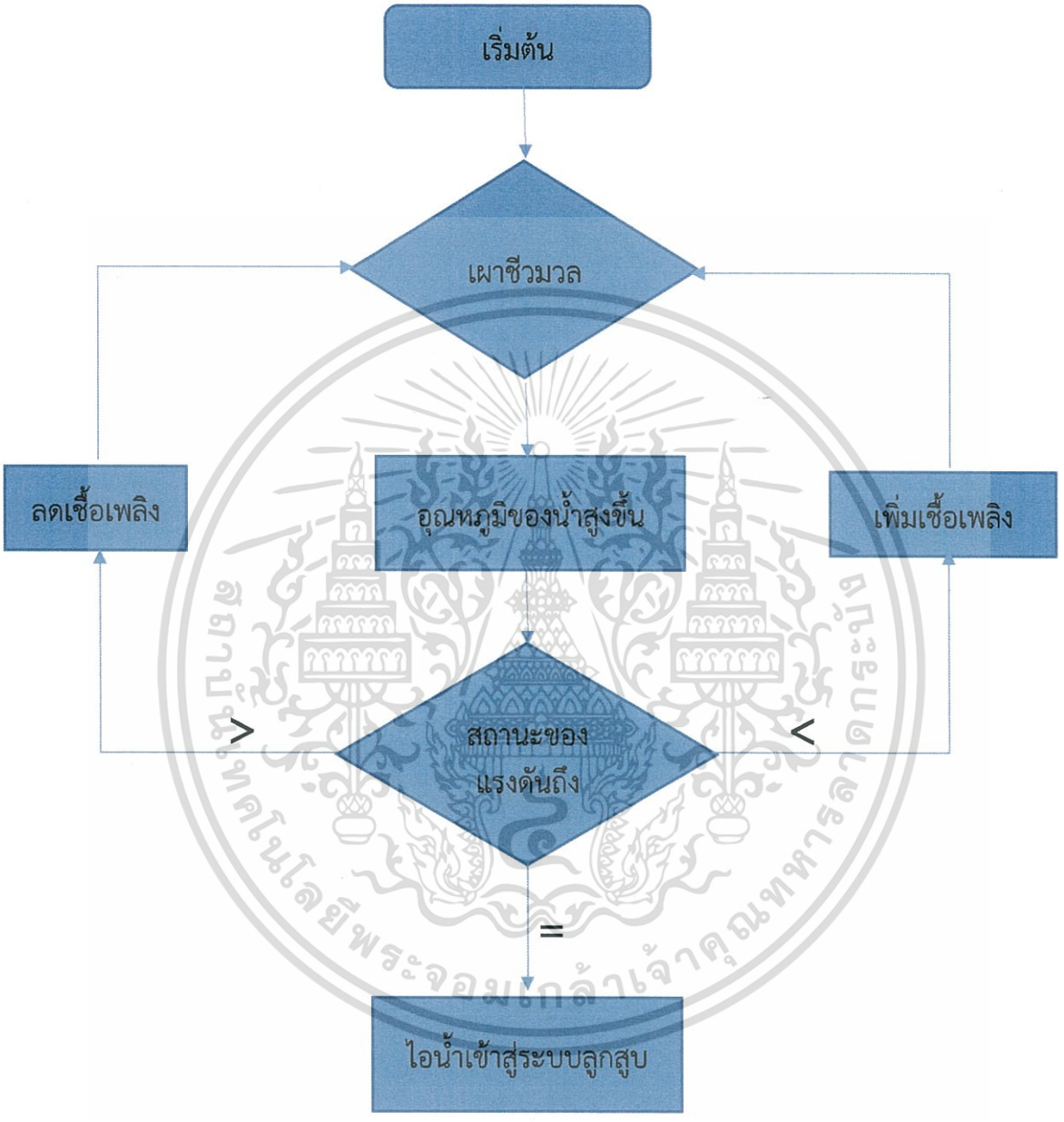
3.2.1 หม้อน้ำ

หม้อต้มจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter) 30.48 เซนติเมตรและมีความสูง (Height) 70.24 เซนติเมตร สามารถบรรจุน้ำได้มากที่สุด 47,520.46 ลูกบาศก์เซนติเมตรหรือประมาน 47.5 ลิตร โดยตัวหม้อต้มใช้เหล็กหนาขนาด 6 มิลลิเมตร ส่วนของฝาหม้อต้มใช้เหล็กหนาขนาด 10 มิลลิเมตร มาออกแบบเป็นหม้อต้ม



รูปที่ 3.2 การออกแบบหม้อต้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

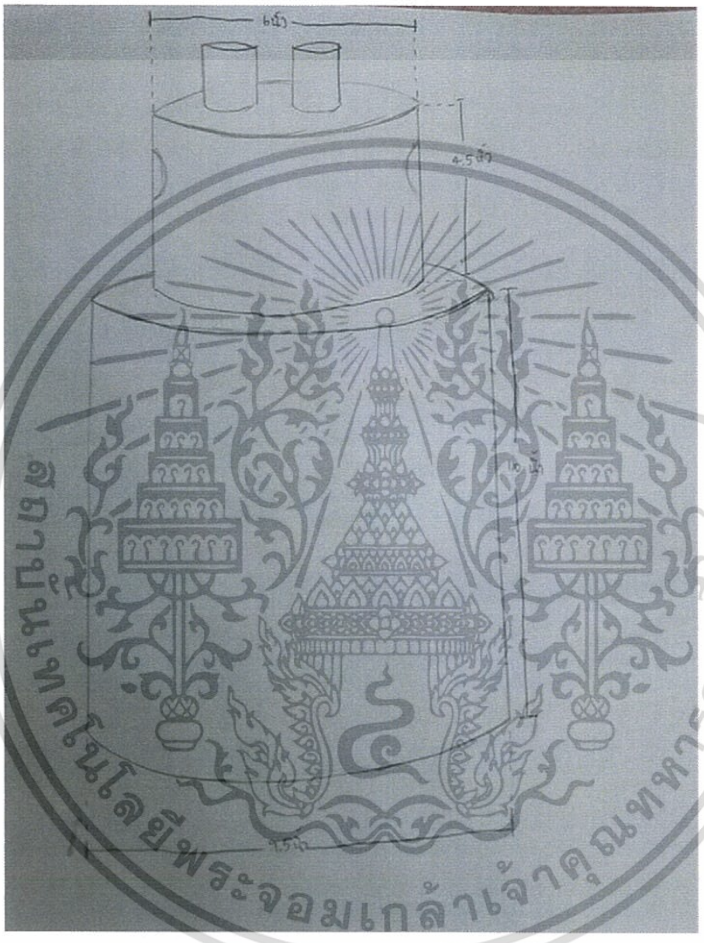


รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของหม้อต้มไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

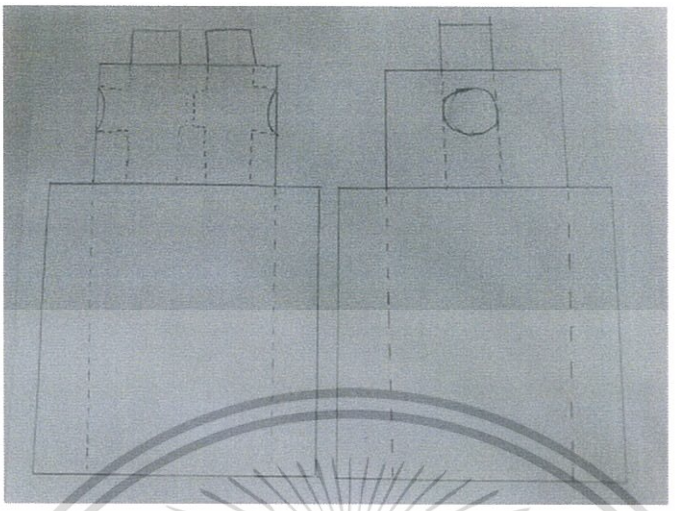
3.2.2 ระบบลูกสูบ

เสื้อสูบและกระบอกสูบจะมี 2 ชุดแยกกันทำงานโดยขึ้นอยู่กับระบบวาล์วไอดี-ไอเสียทั้ง 2 ชุด โดยที่วาล์วไอดี-ไอเสียจะทำงานสัมพันธ์กันกับลูกสูบ ลูกสูบมีช่วงชักอยู่ที่ 10 เซนติเมตร , ท่อไอดี - ไอเสียมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 1.2 เซนติเมตรและวาล์วไอดี-ไอเสียมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 1.8 เซนติเมตร



รูปที่ 3.4 การออกแบบกระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แบบผ่าซีกของกระบอกสูบ

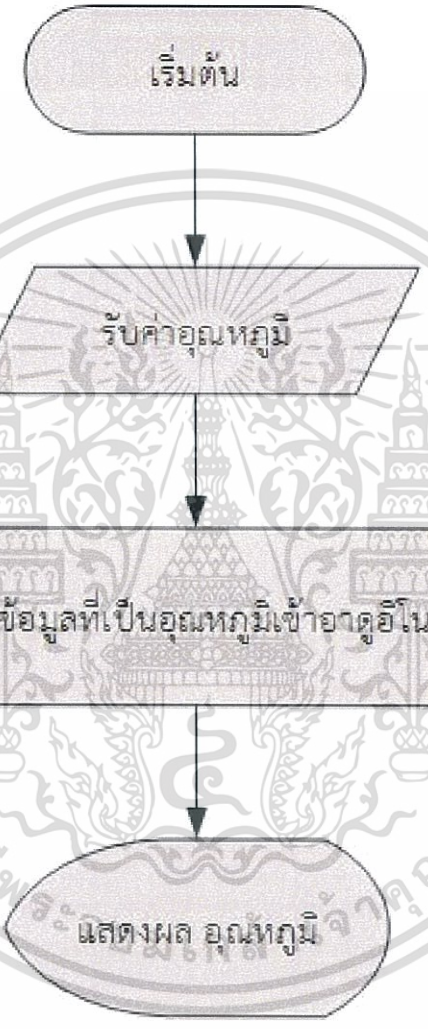
รูปที่ 3.6 ชุดลูกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

การออกแบบในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบไปด้วย

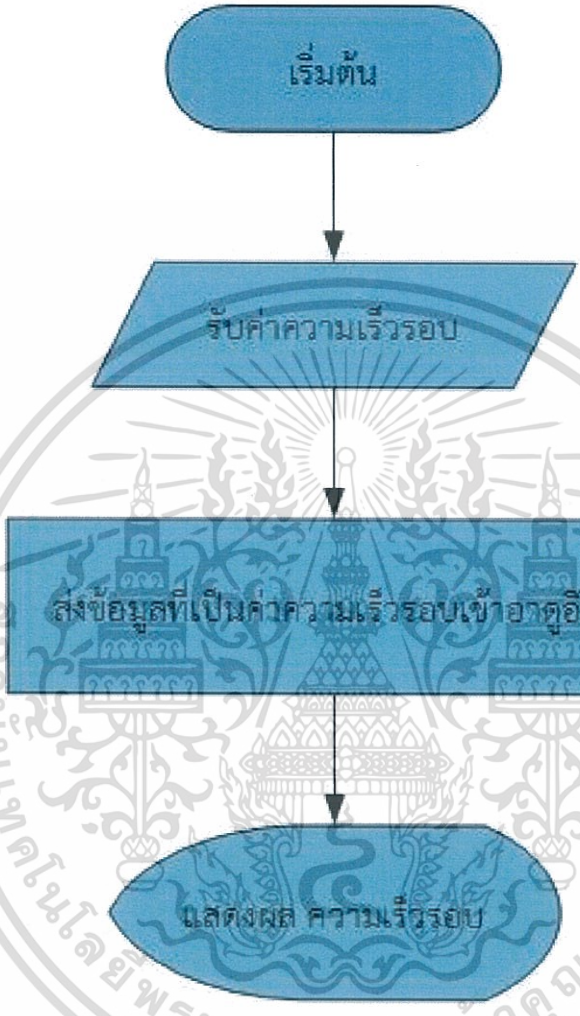
3.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

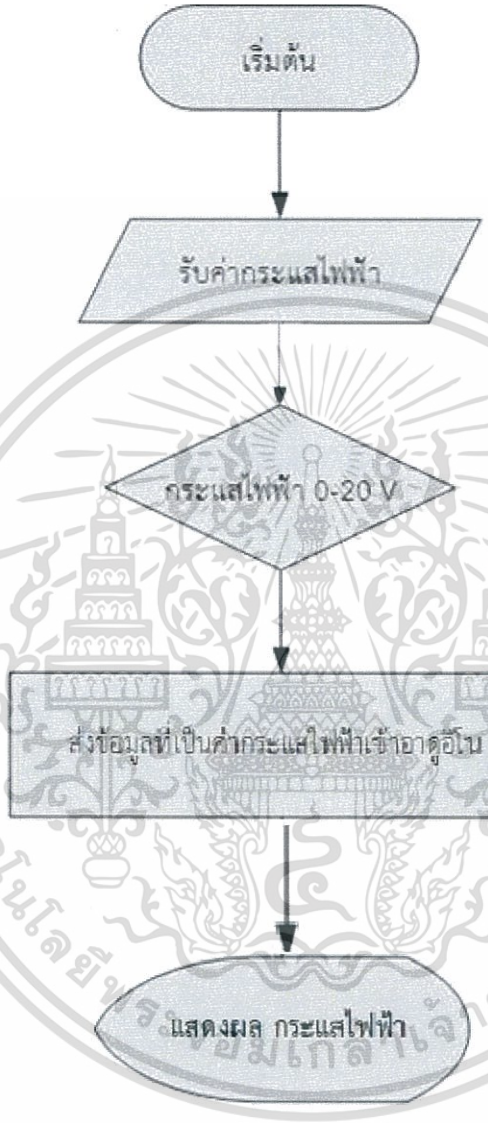
3.3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับวัดความเร็วรอบ



รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับวัดความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3. ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับวัดกระแส



รูปที่ 3.9 บล็อคไดอะแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับวัดกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.4.1 ชุดหม้อต้มไอน้ำขนาด 47.5 ลิตร

รูปที่ 3.10 ชุดหม้อต้มไอน้ำขนาด 47.5 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 เซฟตี้วาล์ว

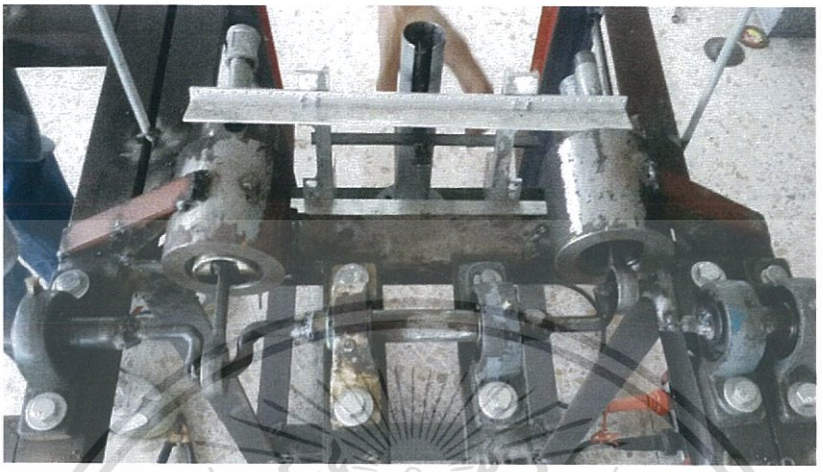
รูปที่ 3.11 เซฟตี้วาล์ว

3.4.3 เกจวัดแรงดันมีระยะวัดที่ 0-10 BarG

รูปที่ 3.12 เกจวัดแรงดันมีระยะวัดที่ 0-10 Bar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4. ชุดลูกสูบ



รูปที่ 3.13 ชุดลูกสูบ

3.5 ขั้นตอนการทดลอง

3.5.1 ส่วนของการทดลองการทำงานของหม้อต้มไอน้ำซึ่งมีวิธีการทดลองดังนี้

1. จัดเตรียมอุปกรณ์

รูปที่ 3.14 เตรียมอุปกรณ์การต้มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เติมน้ำตามที่ได้กำหนดไว้

รูปที่ 3.15 เติมน้ำตามที่ได้กำหนดไว้

3. ทำการต้มน้ำ

รูปที่ 3.16 ต้มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วัดอุณหภูมิและเก็บผลการทดลอง

รูปที่ 3.17 วัดอุณหภูมิและเก็บผลการทดลอง

5.ทำการวัดความดันและเก็บผลการทดลอง

รูปที่ 3.18 วัดแรงดันและเก็บผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

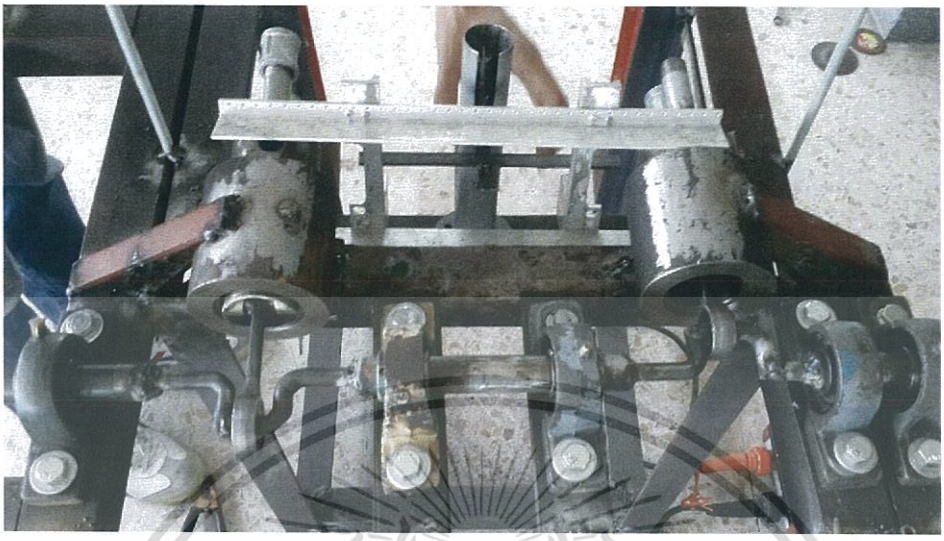
3.5.2 ส่วนของการทดลองการทำงานของชุดลูกสูบ

ซึ่งในส่วนนี้จะทดสอบความสัมพันธ์ของลูกสูบทั้งสองตัว และแก้ปัญหาทางเชิงกล

รูปที่ 3.19 ติดตั้งลูกสูบสองตัว

รูปที่ 3.20 ติดตั้งชุดเปิดปิด ไอน้ำขาเข้า-ขาออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 ชุดลูกสูบ

3.5.3 ทดสอบการทำงานของระบบทั้งหมด

โดยทำการปรับแก้ไขในส่วนปัญหาต่าง ๆ และพัฒนาให้สามารถใช้งานได้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองในส่วนหม้อต้มไอน้ำ

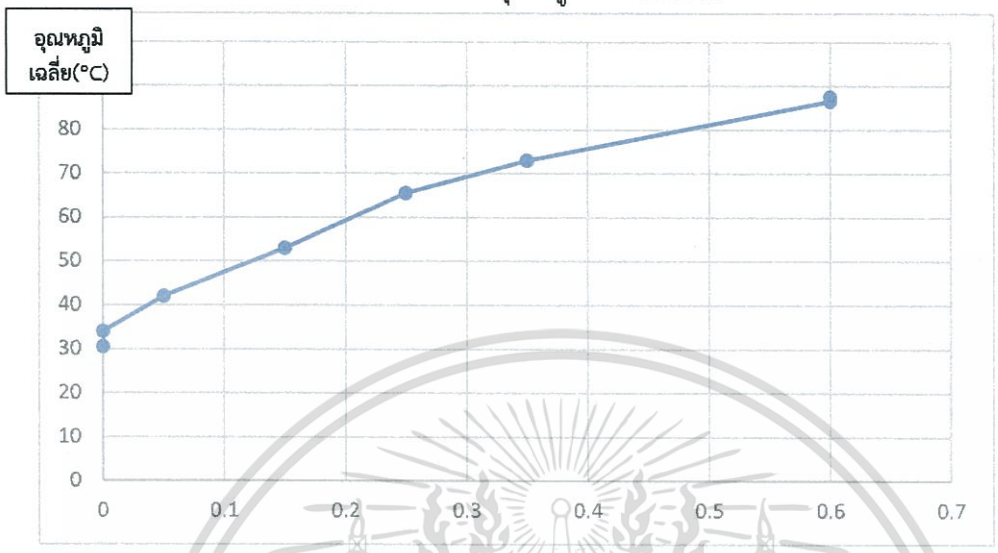
ในส่วนของเทอมที่ 1 ทางผู้จัดทำได้ลองทดสอบใช้งานหม้อต้มน้ำ โดยเติมน้ำปริมาณ 30 ลิตรในการทดสอบ จากการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1-4.3

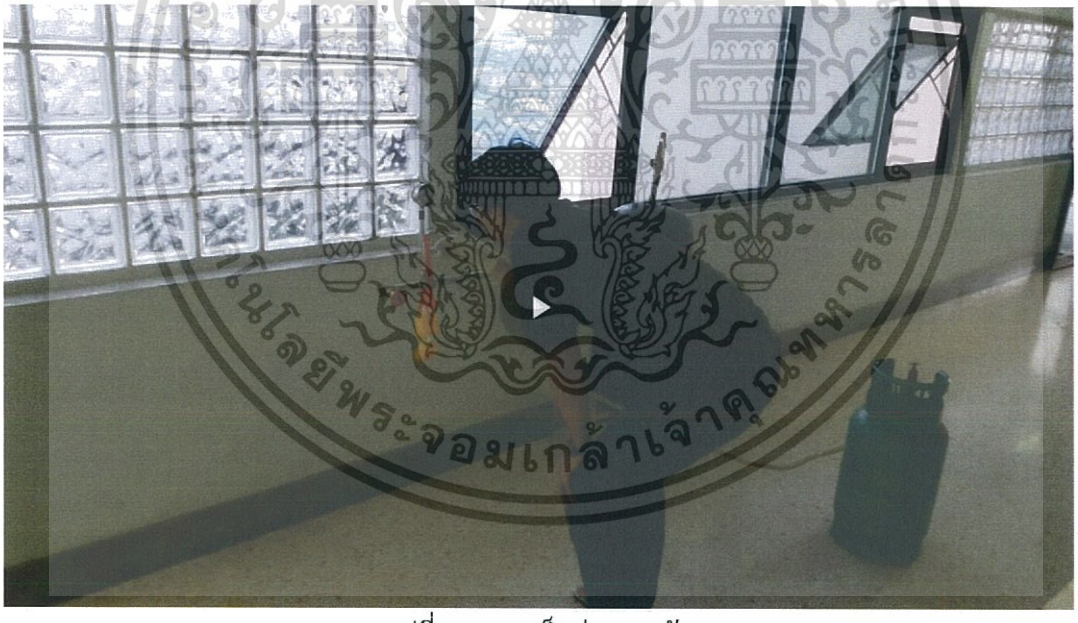
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลอง

ระยะเวลา (Min)	ความดัน ครั้งที่ 1 (Bar)	ความดัน ครั้งที่ 2 (Bar)	ความดัน เฉลี่ย (Bar)	อุณหภูมิ ครั้งที่1 (°C)	อุณหภูมิ ครั้งที่2 (°C)	อุณหภูมิ เฉลี่ย (°C)
0	0	0	0	30	31	30.5
15	0	0	0	34	38	34
30	0	0.1	0.05	40	44	42
45	0.1	0.2	0.15	48	58	53
60	0.2	0.3	0.25	62	69	65.5
75	0.3	0.4	0.35	70	76	73
90	0.5	0.5	0.5	79	82	80.5
105	0.6	0.6	0.6	86	87	86.5
120	0.6	0.6	0.6	87	88	87.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงตวามสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความดัน





รูปที่ 4.1 การเก็บค่าความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 การเก็บค่าอุณหภูมิ

เมื่อเทียบจากทฤษฎีแสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางค่าอุณหภูมิกับความดันจากทฤษฎี

Absolute Pressure	Boiling Point	Specific Volume (steam)	Density (steam)	Specific Enthalpy of Liquid Water (sensible heat)		Specific Enthalpy of Steam (total heat)		Latent heat of Vaporization		Specific Heat
(bar)	*(°C)*	*(m^3/kg)*	*(kg/m^3)*	*(kJ/kg)*	*(kcal/kg)*	*(kJ/kg)*	*(kcal/kg)*	*(kJ/kg)*	*(kcal/kg)*	*(kJ/kg K)*
0.02	17.51	67.006	0.015	73.45	17.54	2533.64	605.15	2460.19	587.61	1.8644
0.03	24.10	45.667	0.022	101.00	24.12	2545.64	608.02	2444.65	583.89	1.8694
0.04	28.98	34.802	0.029	121.41	29.00	2554.51	610.13	2433.10	581.14	1.8736
0.05	32.90	28.194	0.035	137.77	32.91	2561.59	611.83	2423.82	578.92	1.8774
0.06	36.18	23.741	0.042	151.50	36.19	2567.51	613.24	2416.01	577.05	1.8808
0.07	39.02	20.531	0.049	163.38	39.02	2572.62	614.46	2409.24	575.44	1.8840
0.08	41.53	18.105	0.055	173.87	41.53	2577.11	615.53	2403.25	574.01	1.8871
0.09	43.79	16.204	0.062	183.28	43.78	2581.14	616.49	2397.85	572.72	1.8899
0.1	45.83	14.675	0.068	191.84	45.82	2584.78	617.36	2392.94	571.54	1.8927
0.2	60.09	7.650	0.131	251.46	60.06	2609.86	623.35	2358.40	563.30	1.9156
0.3	69.13	5.229	0.191	289.31	69.10	2625.43	627.07	2336.13	557.97	1.9343
0.4	75.89	3.993	0.250	317.65	75.87	2636.88	629.81	2319.23	553.94	1.9506
0.5	81.35	3.240	0.309	340.57	81.34	2645.99	631.98	2305.42	550.64	1.9654
0.6	85.95	2.732	0.366	359.93	85.97	2653.57	633.79	2293.64	547.83	1.9790
0.7	89.96	2.365	0.423	376.77	89.99	2660.07	635.35	2283.30	545.36	1.9919
0.8	93.51	2.087	0.479	391.73	93.56	2665.77	636.71	2274.05	543.15	2.0040
0.9	96.71	1.869	0.535	405.21	96.78	2670.85	637.92	2265.65	541.14	2.0156
1[1)]	99.63	1.694	0.590	417.51	99.72	2675.43	639.02	2257.92	539.30	2.0267
1.1	102.32	1.549	0.645	428.84	102.43	2679.61	640.01	2250.76	537.59	2.0373
1.2	104.81	1.428	0.700	439.36	104.94	2683.44	640.93	2244.08	535.99	2.0476
1.3	107.13	1.325	0.755	449.19	107.29	2686.98	641.77	2237.79	534.49	2.0576
1.4	109.32	1.236	0.809	458.42	109.49	2690.28	642.56	2231.86	533.07	2.0673
1.5	111.37	1.159	0.863	467.13	111.57	2693.36	643.30	2226.23	531.73	2.0768

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ จากการทดลองการเก็บค่าความดันไม่ละเอียดเนื่องจากสเกลของเกจวัดแรงดันเป็นไปตามรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 เกจวัดแรงดันที่ 5 Bar

4.2 ผลการทดลองในส่วนของลูกสูบ

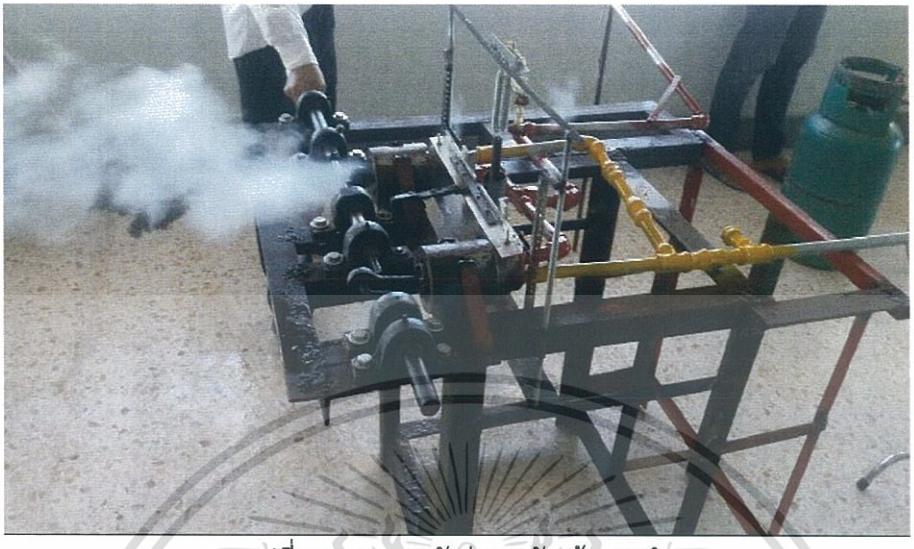
การทำงานของระบบลูกสูบถูกออกแบบให้ลูกสูบสองตัวทำงานสัมพันธ์กัน โดยทำการทดลองดังนี้

4.2.1.ทดลองการทำงานโดยใช้ไอน้ำ

ซึ่งจากทดลองพบว่าแรงดันไอน้ำไม่สามารถทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ได้ สาเหตุมาจาก รอยต่อของท่อ ช่องว่างระหว่างเสื้อสูบและลูกสูบ ยังคงมีช่องว่างให้ไอน้ำรอดออกมาได้จึงทำให้ไอน้ำมีค่าแรงดันที่น้อยลง

รูปที่ 4.4 ลูกสูบก่อนส่งแรงดันเข้ากระทำ

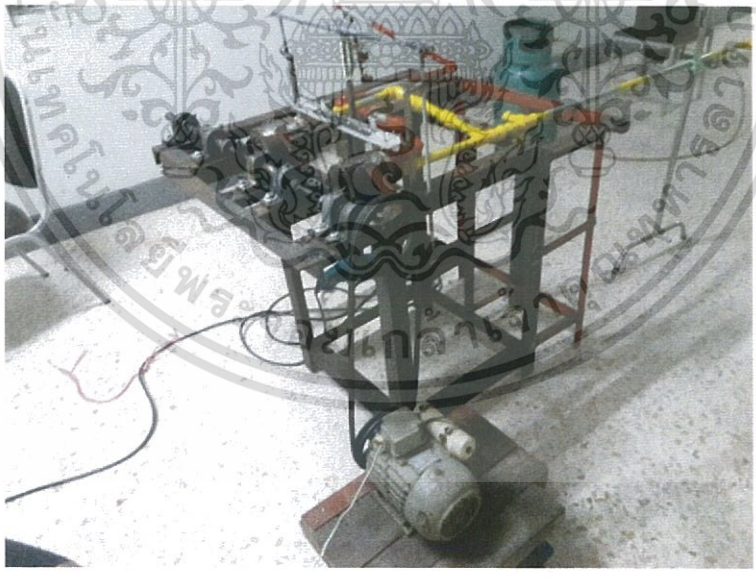
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ลูกสูบหลังส่งแรงดันเข้ากระทำ

4.2.2.ทดลองการทำงานโดยการใช้มอเตอร์มาหมุนเพลา

พบว่าลูกสูบสามารถทำงานได้สัมพันธ์กันกับ วาล์วเปิดปิดไอน้ำโดยที่ลูกสูบสามารถเครื่องที่โดยไม่ติดกับกระบอกสูบ



รูปที่ 4.6 ทดลองการใช้มอเตอร์มาหมุนเพลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 สเปคของมอเตอร์

4.3. ผลการทดลองในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

จากการทดลองพบว่าเราสามารถนำเซ็นเซอร์อุณหภูมิและเซ็นเซอร์วัดความเร็วรอบมาหาแรงดันและพลังงานได้ โดยใช้การคำนวณดังนี้

Equation : หาแรงดัน

$$ln(P) = A - \frac{B}{C+T}$$

P = Pressure (Bar)

T = Temperature (^{o}C)

A , B , C = Antoine's parameter

Equation : หาพลังงาน

$$W = PdV$$

$$\text{Power} = \frac{W}{t}$$

than W = Work. (kJ)

dV = Different of volume. (m^3)

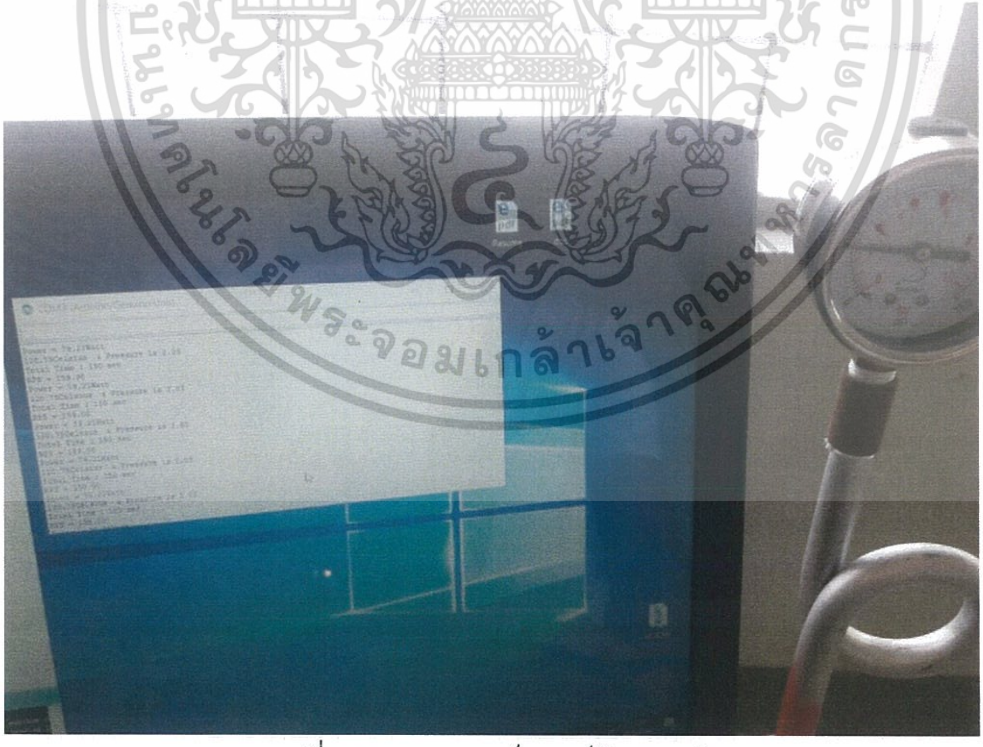
P = Pressure. (kPa)

t = Time . (second)

Power = Rate of doing work (kW)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

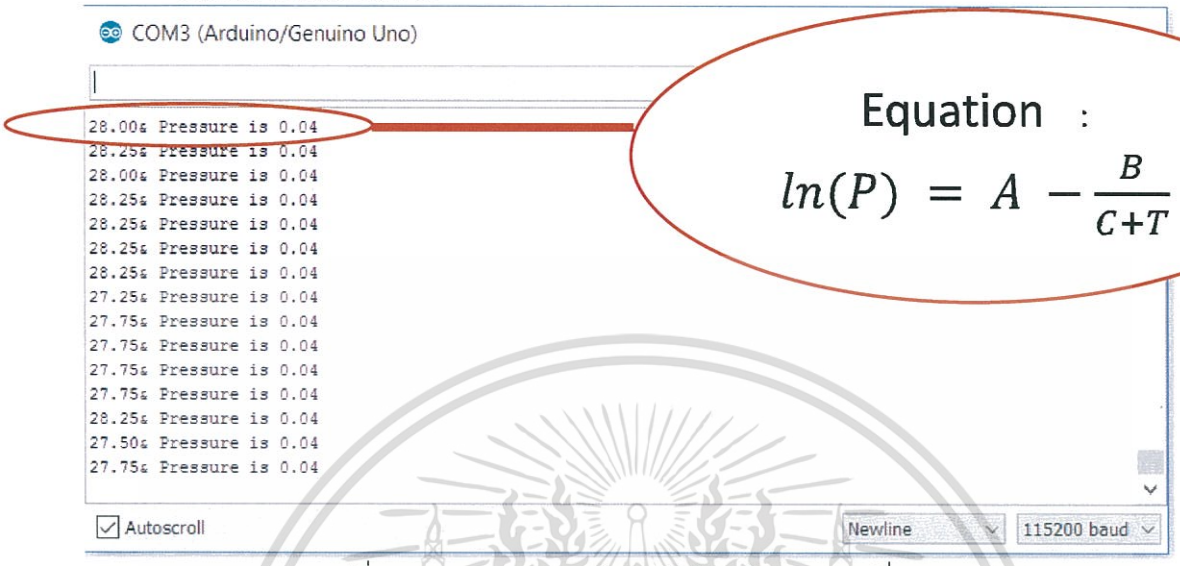
รูปที่ 4.8 การทดลองเซ็นเซอร์วัดความเร็วรอบ



รูปที่ 4.9 การทดลองเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากการทดลองได้ดังนี้



รูปที่ 4.10 ผลการทดลองวัดแรงดันในหน้าจอจากรูปที่ 4.9

จากสูตร $ln(P) = A - \frac{B}{C+T}$

เมื่อ A = 16.3872

B = 3885.70

C = 230.170

T = 28.00

$$ln(P) = 16.3872 - \frac{3885.70}{230.170 + 28.00}$$

$$ln(P) = 1.3365$$

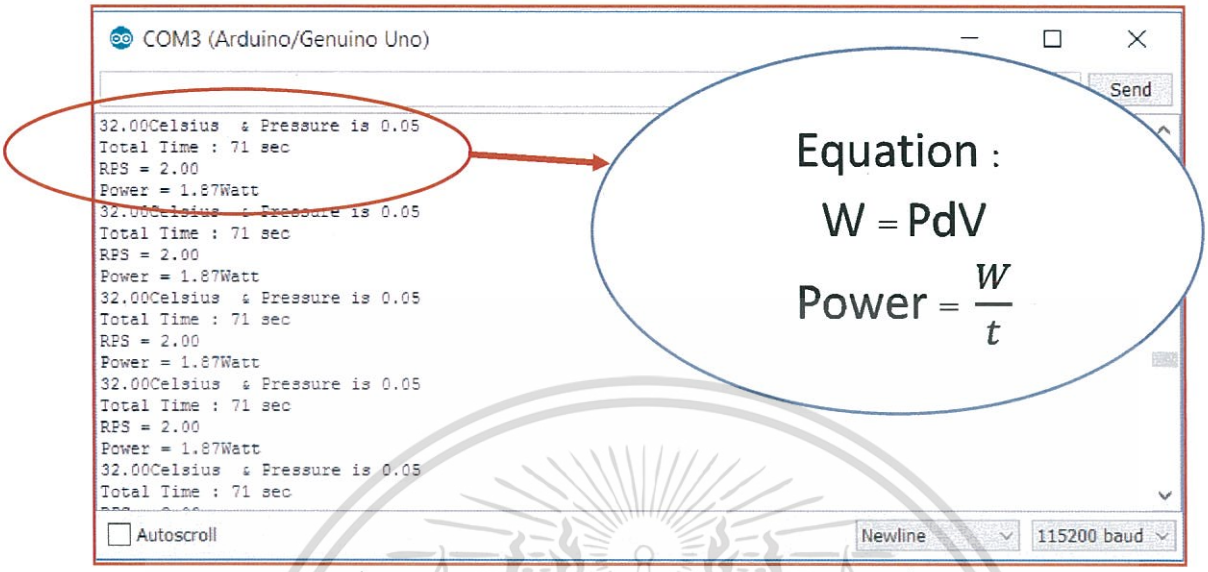
$$P = 4\,kPa$$

เปลี่ยน kPa เป็น Bar

1 Bar = 100 kPa

$$P = 0.04\,Bar$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ผลการทดลองวัดกำลังงานในหน้าจอจากรูปที่ 4.9

จากสูตร $W = PdV$

$W = (0.05\ \text{Bar}) \times (196.25 \times 2 - 0\ \text{cm}^3)$

$W = 1.9625 \times 10^{-3}$ Joule

และ $\text{Power} = \frac{W}{t}$

$$\text{Power} = \frac{1.9625 \times 10^{-3}}{1.0495 \times 10^{-3}}$$

Power = 1.87 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ปัญหาการทดลอง

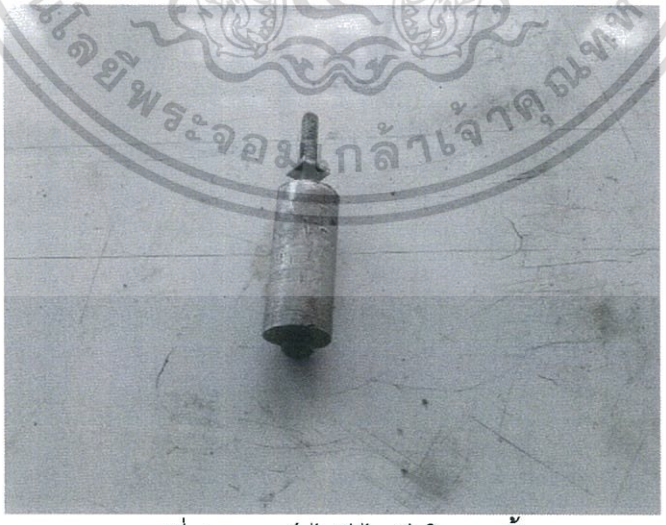
4.4.1 ปัญหา

จากการตรวจสอบและทดลองอุปกรณ์และตัวทดลอง และสามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้มีดังนี้

4.4.1.1 วาล์วไอดี-ไอเสีย

ปัญหาที่เกิดจากวาล์วไอดี-ไอเสียคือ มีไอน้ำรั่วไหล จึงทำให้สูญเสียกำลังงานในการผลักดันลูกสูบ

รูปที่ 4.12 วาล์วไอดี-ไอเสียในแนวนอน

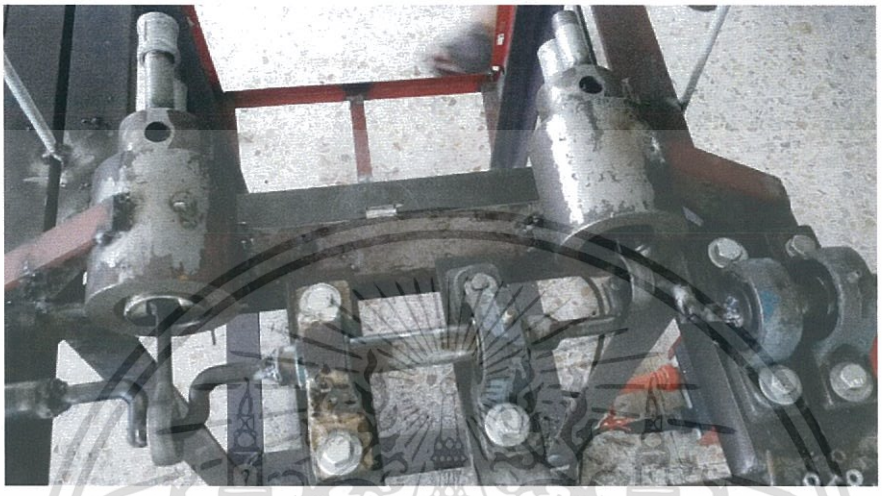


รูปที่ 4.13 วาล์วไอดี-ไอเสียในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1.2 ชุดลูกสูบ

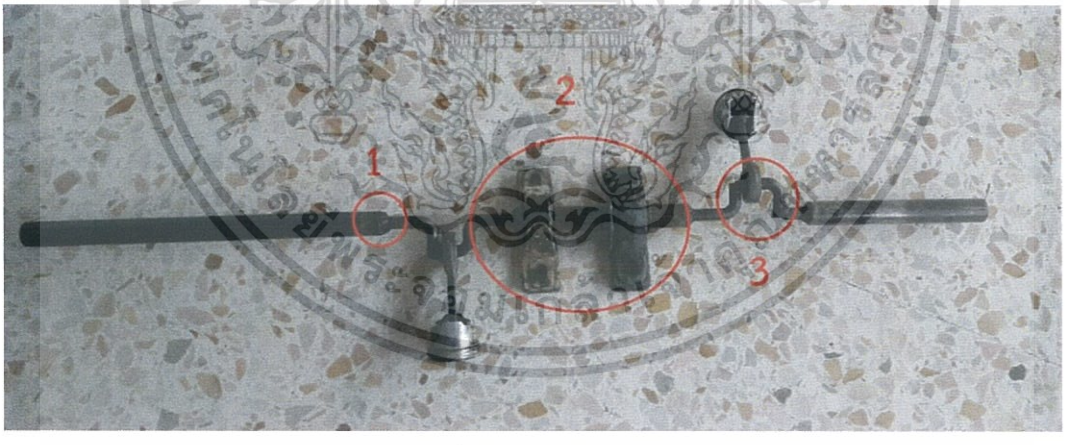
ปัญหาของชุดลูกสูบที่เกิดขึ้นคือ มีช่องว่างระหว่างกระบอกสูบและลูกสูบ จึงทำให้เกิดการรั่วไหลของไอน้ำ



รูปที่ 4.14 ชุดลูกสูบ

4.4.1.3 เพลาลูกสูบ

ปัญหาของเพลาที่เกิดขึ้น ได้แก่



รูปที่ 4.15 เพลาลูกสูบ

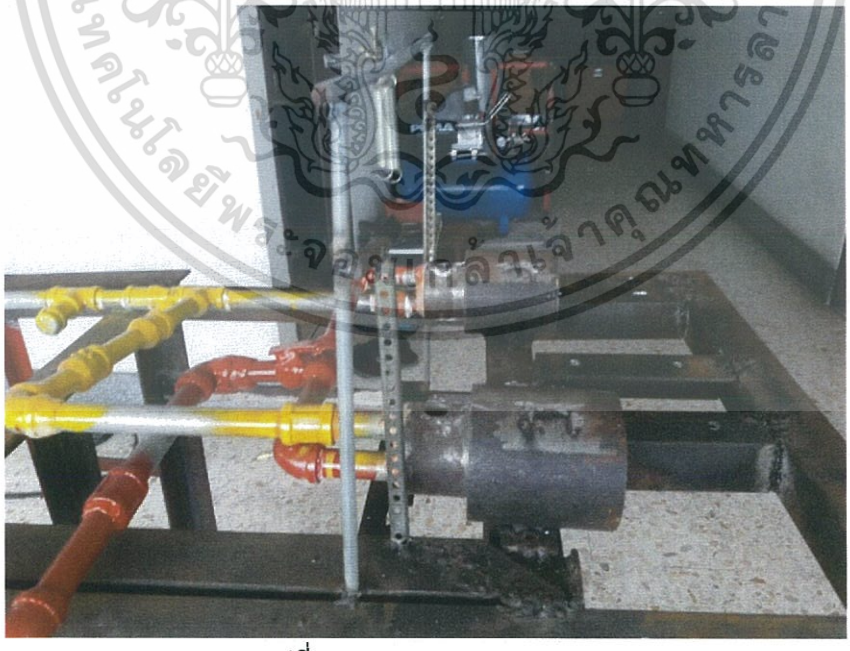
- จุดที่ 1 แกนเพลาถูกทำขึ้นมาโดยการนำเหล็ก 2 ขนาดมาเชื่อมกัน แต่การเชื่อมทำได้ไม่ดี ทำให้เหล็กไม่ได้ระดับฉาก
- จุดที่ 2 ตุ๊กตาที่นำมายึดแกนเพลาตรงกลางเอียง สาเหตุมาจากฐานรองมีความลาดเอียง
- จุดที่ 3 เพลาข้อเหวี่ยงที่นำมาเชื่อมกันไม่ได้องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1.4 ฐานรองกระบอกสูบ

ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ ฐานรองกระบอกสูบมีความลาดเอียง ทำให้กระบอกสูบไม่เสมอกัน จึงต้องใช้กำลังงานมากกว่าปกติในการขับเคลื่อนลูกสูบ

รูปที่ 4.16 ฐานรองกระบอกสูบ



รูปที่ 4.17 ฐานรองกระบอกสูบ

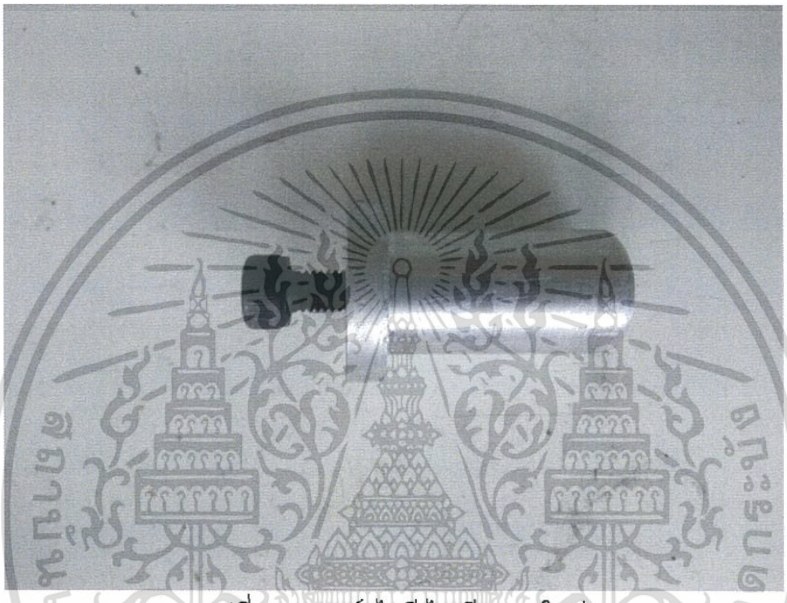
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 วิธีการแก้ไขปัญหา

เมื่อทำการตรวจสอบเสร็จแล้ว ทางผู้จัดทำได้ทำการซ่อมแซมและปรับปรุงในส่วนต่าง ๆ โดยมีวิธีแก้ไขดังนี้

4.4.2.1 วาล์วไอดี-ไอเสีย

ทำการปรับปรุงโดยนำอลูมิเนียมไปกลึงและเข้ารูปให้พอดีกับรูเปิด-ปิดของไอดี-ไอเสีย



รูปที่ 4.18 วาล์วไอดี-ไอเสียแบบใหม่

รูปที่ 4.19 วาล์วไอดี-ไอเสียแบบเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปด้านล่าง เมื่อนำวาล์วเก่าไปเทียบกับกระบอกสูบ

รูปที่ 4.20 วาล์วไอดี-ไอเสียแบบเก่าเทียบกับกระบอกสูบ

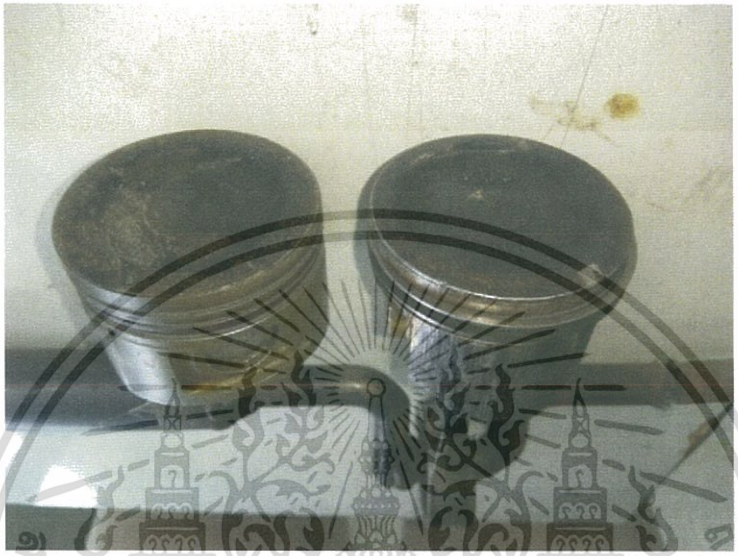
รูปที่ 4.21 วาล์วไอดี-ไอเสียแบบใหม่เทียบกับกระบอกสูบ

เมื่อเทียบระหว่างวาล์วไอดี-ไอเสียแบบใหม่และแบบเก่าจะสังเกตได้ว่า ช่องว่างระหว่างวาล์วแบบใหม่กับกระบอกสูบนั้นมีน้อยกว่าวาล์วไอดี-ไอเสียแบบเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.2 ชุดลูกสูบ

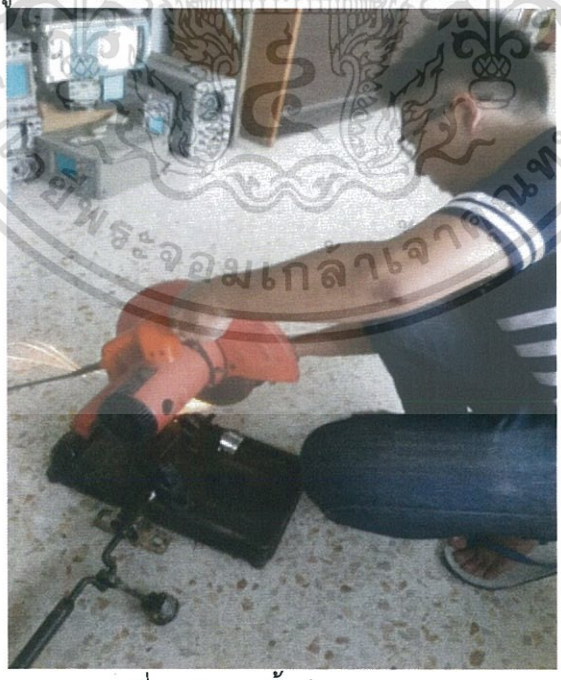
ทำการเปลี่ยนลูกสูบ โดยใส่ตัวลูกสูบที่มีแหวนลูกสูบ ด้านซ้ายคือลูกสูบที่มีแหวน ส่วนด้านขวาคือลูกสูบที่ไม่มีแหวน



รูปที่ 4.22 ลูกสูบที่ไม่มีแหวนกับลูกสูบที่มีแหวน

4.4.2.3 เพลาลูกสูบ

ทางผู้จัดทำจึงทำการแยกชิ้นส่วน เพื่อเชื่อมใหม่ให้ได้ระดับฉากที่ดีขึ้น



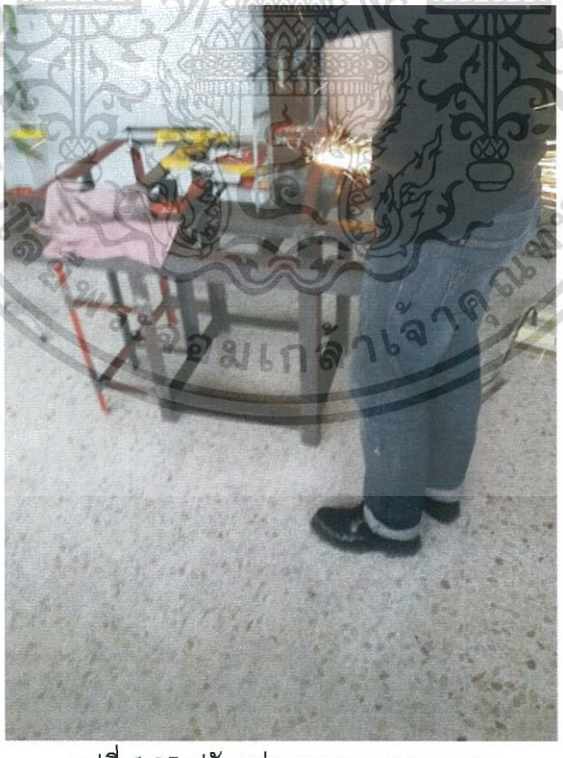
รูปที่ 4.23 แยกชิ้นส่วนเพลาลูกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.24 ชิ้นส่วนของเพลาลูกสูบ

4.4.2.4 **ฐานรองกระบอกสูบ**

ทำการตัดฐานรองกระบอกสูบและวางกระบอกสูบทั้งสองให้ขนานตรงกัน



รูปที่ 4.25 ปรับแต่งฐานรองกระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการทำงานของตัวทดลองพบว่า แรงดันไอน้ำไม่สามารถทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ได้ สาเหตุเกิดมาจาก รอยต่อของท่อและช่องว่างระหว่างกระบอกสูบกับลูกสูบ ทำให้แรงดันลูกสูบมีค่าน้อยกว่าแรงเสียดทาน

ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ เราทำการเก็บค่าอุณหภูมิเพื่อคำนวณหาแรงดัน และเก็บค่าความเร็วรอบเพื่อคำนวณหากำลังงานจากลูกสูบ โดยบอกค่าผ่านทางจอแสดงผล

จากการแก้ปัญหาพบว่า ส่วนของลูกสูบ,วาล์วไอดี-ไอเสีย นั้นได้แก้ไขแล้ว แต่ในส่วนของเพลาลูกสูบ,ฐานรองกระบอกสูบนั้นจากการที่ได้ปรึกษากับช่างผู้ดำเนินงาน ในส่วนของฐานรองกระบอกสูบต้องจัดทำให้ได้ระดับน้ำที่เท่ากัน และส่วนของก้านเพลาจำเป็นต้องทำให้เป็นเป็นเหล็กชิ้นเดียวกัน ทางผู้จัดจัดทำจึงได้ดำเนินการหาร้าน โดยติดต่อไปทั้งร้านกลึงและร้านพับดัดงอแต่เกินปัญหาในดำเนินงานส่วนนี้เพราะ ร้านพับดัดงอไม่สามารถงอเหล็กตันได้ตามรูปที่ออกแบบทางร้านสามารถดัดได้เฉพาะอลูมิเนียมและเหล็กกลวงซึ่งไม่สามารถนำมาใช้งานได้ และร้านกลึงไม่สามารถทำได้เพราะเรากำหนดว่าต้องใช้ลูกสูบที่มีจึงไม่พ้นการตัดเชื่อม

5.2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน จำเป็นต้องออกแบบระบบเซฟตี้ให้มีประสิทธิภาพและสามารถรองรับอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ และจากการจัดทำตัวเครื่องทดลองทางผู้จัดทำได้จัดหาอุปกรณ์จากหลายที่และเนื่องจากงบประมาณมีอย่างจำกัดทำให้ไม่สามารถที่จะจัดสร้างให้มีประสิทธิภาพอย่างเต็มที่ จำเป็นจะต้องเพิ่มงบประมาณในการทำตัวชิ้นงานเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น และการออกแบบทั้งหมดควรหาร้านที่ไว้ใจได้เพียงร้านเดียว เพื่อให้ง่ายต่อการดำเนินงาน และการทำชิ้นงานควรสั่งทำซึ่งจากปรึกษาหลายๆร้านสามารถทำได้โดยการอออกแบบและสั่งทำทั้งชุดเพลาและลูกสูบ แต่ระยะเวลานานและใช้เงินเป็นจำนวนมาก เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาที่ตัวเครื่องส่วนในเรื่องของวัสดุที่นำมาใช้ในการออกแบบตัวเครื่องควรศึกษาถึงข้อดีและข้อเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] สืบค้นจาก https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%9A%E0%B8%AD%E0%B8%A2%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C

[2] สืบค้นจาก http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Internal%20Combustion%20Engine%20Part%20I/1_1.html

[3] สืบค้นจาก http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Energy_Conservation_in_Industrial_Plant/5_1_62.html

[4] สืบค้นจาก http://rubber.oie.go.th/file/RIU-belts.pdf

[5] สืบค้นจาก http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook/Pre_T_H/Heat_5.pdf

[6] สืบค้นจาก http://www.kakaengineering.com/kaka-blog/-boiler-efficiency-1

[7] สืบค้นจาก http://www.auto2drive.com/%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%AA%E0%B8%B9%E0%B8%9A%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%A2%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B9%8C/

[8] www.elec2you.com

[9] www.thaieasyelec.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก
Appendix

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include <MAX6675.h>

#define pinreley 2

esl::MAX6675 thermocouple( 5, 6, 4 ); // #CS, SCK, DATA (MISO) pins respectively

float Pressure = 0;

float temp = 0;

float keep = 0;

double power = 0;

char data ;

int tcrt;

long current_time;

long counter = 1;

float RPS = 0;

long div_time = 0;

long last_Time = 0;

long res_time = 0;

int lock = 0;

float RPS_2 ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void setup(){
pinMode(13,OUTPUT);
pinMode(pinreley,OUTPUT);
Serial.begin(115200);
current_time = millis();
}
void loop(){

  if ( thermocouple.isInputOpen() ) {
    Serial.println( "Please check the thermocouple." );
  } else {
    Serial.print( thermocouple.readTemperature() );
    Serial.print("Celsius  ");
    temp = thermocouple.readTemperature();

    Pressure = pow(2.718,(16.3872-(3885.70/(230.17+temp))))/100;
    Serial.print( "& Pressure is " );
    Serial.println(Pressure);
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(temp>162){
  digitalWrite(pinreley,HIGH);
}
tcrt = analogRead(A0);
analogWrite(13,tcrt/4);
//Serial.println(tcrt);
current_time = millis();

current_time = current_time/1000;
if(tcrt>700){
  counter++;
}

if(current_time%5==0 && lock == 0 && current_time != 0 ){
  lock = 1;
  div_time++;
  counter = 1;
  RPS_2 = RPS;
}
else if((current_time-(div_time*5)) == 1){
  lock = 0;
}
last_Time = div_time*5;
res_time = current_time-last_Time;
RPS = counter/res_time;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
RPS = abs(RPS);
last_Time = abs(last_Time);
res_time = abs(res_time);



Serial.print("Total Time : ");
Serial.print(current_time);
Serial.println(" sec");


if(RPS==1){
Serial.print("RPS = ");
Serial.println(RPS_2);
}
else{
Serial.print("RPS = ");
Serial.println(RPS);
}
power = Pressure*RPS*(157/4);
Serial.print("Power = ");
Serial.print(power);
Serial.println("Watt");
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้