แนวคิดการสร้างเครื่องชงกาแฟโดยใช้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

Concepts of Fabrication of Espresso Machine using Microcontroller

นายจารุตม์ น้ำทิพย์
นายนิติพงษ์ โพธิสาร
นายอาวุธ บุญยอ

j5094604 e.2
วร.
ว323ป
2552

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองโครงงาน

หัวข้อโครงงาน : แนวคิดการสร้างเครื่องชงกาแฟโดยใช้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

(Concepts of Fabrication of Espresso Machine using Microcontroller)

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายจารุตม์ น้ำทิพย์ รหัส 49360242

นายนิติพงษ์ โพธิสาร รหัส 49363588

นายอาวุธ บุญยอ รหัส 49363908

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน : ผศ.ดร. กุลยา กนกจารุวิจิตร

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : อาจารย์ปองพันธ์ โอทกานนท์

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2552

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงาน

.....ประธานกรรมการ

(ผศ.ดร.กุลยา กนกจารุวิจิตร)

.....ประธานกรรมการร่วม

(อ.ปองพันธ์ โอทกานนท์)

.....กรรมการ

(ดร.ภาณุ พุทธวงศ์)

.....กรรมการ

(อ.ศิษฐ์ภัณฑ์ แดนลา)

หัวข้อโครงงาน : แนวคิดการสร้างเครื่องชงกาแฟโดยใช้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายจารุตม์ น้ำทิพย์ รหัส 49360242

นายนิติพงษ์ โพธิสาร รหัส 49363588

นายอาวุธ บุญยอ รหัส 49363908

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน : ผศ.ดร. กุลยา กนกจารุวิจิตร

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : อาจารย์ปองพันธ์ โอทกานนท์

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2552

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงงานนี้คือ การออกแบบและจำลองการทำงานของเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่ที่ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอลโทรลเลอร์ เพื่อควบคุม (1) ระดับน้ำป้อน (2) หน่วยให้ความร้อน และ (3) ระบบจ่ายไอน้ำ การควบคุมระดับน้ำป้อนกระทำโดยการตั้งระดับน้ำที่ต่ำที่สุดและสูงที่สุดที่อนุญาตให้เกิดขึ้นได้ หากระดับน้ำต่ำกว่าจุดที่ต่ำที่สุด สัญญาณทางไฟฟ้าจะถูกส่งไปที่หน่วยให้ความร้อนเพื่อสั่งให้ฮีตเตอร์หยุดทำงาน และจะมีการเตือนที่จอ LCD อย่างไรก็ตาม เมื่อระดับน้ำถึงเกินจุดสูงสุด สัญญาณทางไฟฟ้าจะถูกส่งไปปิดน้ำจากแหล่งเก็บน้ำป้อน ฮีตเตอร์จะทำงานก็ต่อเมื่อระดับน้ำอยู่ระหว่างจุดต่ำสุดและจุดสูงสุดเท่านั้น นอกจากนี้ เรายังได้ติดตั้งสวิตช์ความดันเพื่อความปลอดภัยอีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออุณหภูมิภายในหม้อต้มเกินค่าที่ตั้งเอาไว้ (105°C, 1.2 bar) ซึ่งจะทำให้ไปเพิ่มความดันภายในหม้อต้ม สำหรับระบบจ่ายน้ำนั้น เราออกแบบให้ลดพื้นที่หน้าตัดของท่อลง ทำให้มันทำงานคล้ายกับหัวฉีด โดยให้ความดันของไอน้ำที่ 5.5 bar ก่อนที่จะออกไปผ่านกาแฟในถ้วยกรอง

Project Title : Concepts of Fabrication of Espresso Machine using Microcontroller

Name : Mr. Jaroot Namthip 49360242

Mr. Nitipong Potisarn 49363588

Mr. Arwut Boonyor 49363908

Project Advisor :Asst.Prof. Dr. Koonlaya Kanokjaurvijit

Project Co-Advisor : Aj. Pongpun Othaganont

Department : Mechanical Engineering

Academic Year : 2009

Abstract

The objective of this project is to design and simulate an Espresso coffee machine by using microcontroller to control (1) feed water level (2) heating unit and (3) water vapor dispenser. Controlling feed water level is done by given minimum and maximum water levels. Once the water level is below the minimum, the signal will be sent to the heating unit to stop the heater, and the liquid crystal display will caution. However, when the water is above the maximum level, the signal will be sent to stop the water flow from the reservoir. The heater only works when the water level is between the minimum and maximum levels. In addition, pressure switches are installed for security, especially when temperature inside the boiler exceeds the set value, and this incident will also increase the pressure. The water vapor dispenser is designed to be decreased in cross section; hence, it functions similar to a nozzle. The dispenser can produce 5.5 bar water vapor before it reaches the coffee filter.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงงานฉบับนี้นั้น จะไม่สามารถจัดทำได้เลยถ้าไม่ได้รับความร่วมมือและความกรุณาจากหลาย ๆ ท่าน ในนามของคณะผู้จัดทำรายงานฉบับนี้ขอขอบพระคุณ อาจารย์กุลยา กนกจารุวิจิตร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน และอาจารย์อาจารย์ปองพันธ์ โอทกานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ตลอดจนแนะแนวทางแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ แก่คณะผู้จัดทำ จนทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการตรวจสอบความถูกต้องของรายงานโครงงานฉบับนี้อย่างละเอียดถี่ถ้วน

ทางคณะผู้จัดทำขอมอบความดีของโครงงานนี้แด่ บิดา และมารดา ของคณะผู้จัดทำ ที่ได้อบรมเลี้ยงดู และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา คณาจารย์ทุก ๆ ท่าน ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ เพื่อนทุก ๆ คน ที่ได้หยิบยื่นน้ำใจ และให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ตลอดจนผู้มีอุปการคุณทุก ๆ ท่าน ที่ได้ให้ความกรุณาจนโครงงานฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ

คณะผู้จัดทำโครงงาน

สารบัญ

	หน้า
ปกใน	ก
ใบรับรองโครงงานวิจัย	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ซ
สารบัญตาราง	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน (Gantt chart)	3
1.6 งบประมาณ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ระบบของเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่	5
2.1.1 ระบบการจ่ายน้ำ	5
2.1.2 หม้อต้ม (Boiler)	11
2.1.3 ระบบการให้ความร้อน	18
2.2 ระบบควบคุมของเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่	19
2.2.1 ส่วนควบคุมหลัก (ไมโครคอนโทรลเลอร์)	19
2.2.2 การควบคุมระดับน้ำ	27
2.2.3 ส่วนคุบควบการปล่อยน้ำและไอน้ำ	28
2.2.4 ส่วนควบคุมความดัน	30

สารบัญ

	หน้า
2.2.5 ส่วนควบคุมอุณหภูมิ	31
2.2.6 โปรแกรมเขียนการควบคุมการทำงาน	32
2.3 เครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่ผลิตจากผู้ผลิตต่างๆ	35
บทที่ 3 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)	38
3.1 หน่วยการจ่ายน้ำ	38
3.1.1 ส่วนประกอบของระบบจ่ายน้ำ	38
3.1.2 การคำนวณอัตราการไหลของน้ำ	40
3.1.3 การเปรียบเทียบกับกรณีที่ใช้ปั๊มน้ำ	45
3.2 หม้อต้มไอน้ำ (Boiler)	46
3.2.1 ส่วนประกอบหม้อต้มไอน้ำ (Boiler)	47
3.2.2 การคำนวณหาแรงยึดฝาหม้อต้มไอน้ำ	48
3.2.3 ความเค้นในเกลียวของสวิตช์ระดับน้ำ	52
3.2.4 ฮีตเตอร์ (Heater)	53
3.3 หน่วยจ่ายไอน้ำ	54
บทที่ 4 ลำดับการทำงานระบบการควบคุมของเครื่องชงกาแฟ	59
4.1 การควบคุมระบบการจ่ายน้ำ	60
4.2 ระบบการต้มน้ำ	62
4.3 ระบบจ่ายไอน้ำ	63
4.4 ระบบความปลอดภัย	64
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	66
บรรณานุกรม	67
ภาคผนวก ก การใช้โปรแกรม proteus	68
ภาคผนวก ข โค้ดโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์	75
ภาคผนวก ค แบบเครื่องชงกาแฟเอสเพรสโซ่	80
ภาคผนวก ง วงจรควบคุมการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์	93

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ตัวอย่างตำแหน่งของถังเก็บน้ำและระบบท่อ	6
รูปที่ 2.2 แผนภาพ Moody	8
รูปที่ 2.3 กฎของฮุคในช่วงยืดหยุ่นของวัสดุ	12
รูปที่ 2.4 การกระจายความเค้นบนชิ้นงาน	13
รูปที่ 2.5 แรงบนรอยต่อของ Bolt กับ Nuts	15
รูปที่ 2.6 แผนภาพของแรงและการยึดหด	15
รูปที่ 2.7 ความดันของไอน้ำจากหม้อต้มผ่านท่อลด เพื่อเพิ่มความดันในท่อมาผสมกับผงกาแฟ	19
รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์	21
รูปที่ 2.9 ตัวอย่างตัวประมวลผล (CPU)	23
รูปที่ 2.10 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (Oscillator) แบบ CERAMIC RESONATOR	24
รูปที่ 2.11 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (Oscillator)แบบ QUARTZ CRYSTAL	24
รูปที่ 2.12 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา แบบ TTL CRYTAL SQUAR-WAVE	25
รูปที่ 2.13 ตัวอย่างจอแสดงผล (LCD)	25
รูปที่ 2.14 ตัวอย่างรีเลย์	25
รูปที่ 2.15 แสดงสภาวะการทำงานของรีเลย์	26
รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะของ ULN 2803	26
รูปที่ 2.17 แสดงส่วนประกอบของสวิตช์ควบคุมระดับน้ำ	27
รูปที่ 2.18 แสดงตัวอย่างสวิตช์ควบคุมระดับน้ำ	28
รูปที่ 2.19 แสดงส่วนประกอบของโซลีนอยด์วาล์ว (Solenoid valve)	28
รูปที่ 2.20 แสดงตัวอย่างโซลีนอยด์วาล์ว (Solenoid valve)	29
รูปที่ 2.21 แสดงตัวอย่างแคตาล็อก (Catalog) ของโซลีนอยด์วาล์ว (Solenoid valve)	30
รูปที่ 2.22 แสดงขนาดและส่วนประกอบของสวิตช์ความดัน (Pressure Switch)	30
รูปที่ 2.23 แสดงตัวอย่างสวิตช์ความดัน (Pressure Switch)	31
รูปที่ 2.24 เขียนโปรแกรมทำการคอมไฟล์ได้ไฟล์นามสกุล . HEX	33
รูปที่ 2.25 โปรแกรม PICKIT เตรียมการป้อนไฟล์นามสกุล . HEX	34

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.26 อุปกรณ์ต่อพ่วง ET-PGM PIC USB	34
รูปที่ 2.27 Adarter	34
รูปที่ 3.1 ภาพการออกแบบระบบการทำงานเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่	38
รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบของหน่วยจ่ายน้ำ	39
รูปที่ 3.3 ตำแหน่งพิจารณาการคำนวณอัตราการไหล	40
รูปที่ 3.4 ส่วนประกอบหน่วยท่อจ่ายน้ำ	41
รูปที่ 3.5 ปั๊มน้ำเครื่องชงกาแฟตามแคตาล็อก	45
รูปที่ 3.6 อุปกรณ์จำกัดความดัน เมื่อความดันเกินก็ปล่อยลงสู่แท้งค์น้ำ	46
รูปที่ 3.7 ส่วนประกอบหม้อต้มไอน้ำ (Boiler)	48
รูปที่ 3.8 การยึดด้วย Bolt และ Nuts	49
รูปที่ 3.9 กระจายความดันในหม้อไอน้ำ	49
รูปที่ 3.10 แรงภายนอก (F_e) และแรงขัน (F_i) ที่กระทำต่อน็อต 1 ตัว	50
รูปที่ 3.11 พื้นที่ทรงกระบอกและการกระจายของ Bolt และ Nuts	51
รูปที่ 3.12 ความดันที่กระทำสวิตช์ระดับน้ำกับพื้นที่รับความเค้นยาว 5 mm	53
รูปที่ 3.13 ตัวอย่างฮีตเตอร์ (Heater) ในการออกแบบ	53
รูปที่ 3.14 ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบจ่ายไอน้ำ	55
รูปที่ 3.15 กระบวนการเกิดไอน้ำในหม้อต้ม	57
รูปที่ 3.16 ไอน้ำเมื่อไหลผ่าน Nozzle ความดันจะเพิ่มขึ้น	58
รูปที่ 4.1 โฟล์วชาร์ทแสดงลำดับการทำงานระบบควบคุมเครื่องชงกาแฟ	59
รูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่งการติดตั้งสวิตช์ระดับน้ำและโซลินอยด์วาล์ว	60
รูปที่ 4.3 เมื่อกดสวิตช์ Start น้ำจะถูกจ่ายเข้าสู่หม้อต้มไอน้ำ (Boiler)	60
รูปที่ 4.4 เมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้นถึงสวิตช์ระดับน้ำ (1) ฮีตเตอร์เริ่มทำงาน	61
รูปที่ 4.5 เมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้นถึงสวิตช์ระดับน้ำ (2) โซลินอยด์วาล์วหยุดจ่ายน้ำ	61
รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างเทอร์มิสเตอร์	62
รูปที่ 4.7 กระบวนการของระบบการต้มน้ำ	62

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 4.8 แสดงการเกิดไอน้ำและการปล่อยไอน้ำ 63

รูปที่ 4.9 เมื่อระดับน้ำลดลงมาถึงสวิตช์ระดับน้ำ (1) ฮีตเตอร์จะหยุดการทำงาน 64
โซลินอยด์วาล์วปิด

รูปที่ 4.10 ตำแหน่งการติดตั้งสวิตช์ความดัน 64

รูปที่ 4.11 เมื่อความดันเกิน 1.6 บาร์ สวิตช์ความดันทำงานโดยตัดการทำงานฮีตเตอร์ 65

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 สัมประสิทธิ์การสูญเสียสำหรับการไหลผ่านข้องอ ข้อโค้งกลับ ข้อต่อสามทาง ข้อต่อยูเนียน และวาล์ว	9
ตารางที่ 2.2 ความขรุขระสมมูลของผิวท่อที่ทำมาจากวัสดุต่างๆ	11
ตารางที่ 2.3 เกลียวเมตริกแบบมาตรฐานระหว่างประเทศ	18
ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรเลอร์	22
ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติโดยทั่วไปของเทอร์มิสเตอร์ชนิด เอ็นทีซี ที่ใช้กันบ่อยๆ	31
ตารางที่ 2.6 การเปรียบเทียบเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่ผลิตจากผู้ผลิตต่างๆ	35
ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของหน่วยจ่ายน้ำ	39
ตารางที่ 3.2 สเปกของปั๊มน้ำขี่ห้อ ULKA	45
ตารางที่ 3.3 การเปรียบเทียบระหว่างถังเก็บน้ำสูงและปั๊มน้ำ	46
ตารางที่ 3.4 ส่วนประกอบต่างๆของหม้อไอน้ำ (Boiler)	47
ตารางที่ 3.5 ส่วนประกอบต่างๆของหน่วยจ่ายไอน้ำ	54

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากปัจจุบันการดื่มกาแฟได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เพราะว่าการดื่มกาแฟมีประโยชน์หลายด้าน เช่น การรักษาโรคต่างๆ ช่วยเพิ่มการไหลเวียนของเลือดในสมอง ช่วยให้ไม่ง่วงนอน เป็นต้น ประกอบกับทางบริษัทที่ผลิตกาแฟมีความตื่นตัวมากขึ้น มีการแข่งขันกันทางการตลาด มีการผลิตชนิดของกาแฟออกมามากมาย ปัจจุบันการชงกาแฟมีหลากหลายแบบ แต่ละแบบจะให้รสชาติและกลิ่นของกาแฟที่ต่างๆ กันไป วิธีที่ได้รับความนิยมใช้กันทั่วไปในการชงกาแฟก็ คือ การหยดน้ำร้อนผ่านกาแฟบด (Drip) วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้เครื่องต้มกาแฟ ที่ใช้การชงแบบหยดน้ำร้อนจะให้รสชาติและกลิ่นของกาแฟได้พอสมควร อีกวิธี คือ เอสเพรสโซ่ (Espresso) การชงแบบเอสเพรสโซ่ต้องใช้เครื่องชงเอสเพรสโซ่ (Espresso Machine) ในการทำหลักการของเครื่องชงเอสเพรสโซ่ก็คือ การใช้แรงดันอัดน้ำร้อนให้ผ่านไปในกาแฟบดละเอียด ซึ่งจะให้รสชาติกาแฟออกมาเติมที่มากกว่าการหยดน้ำร้อนผ่านกาแฟ

ปัจจุบันเราจะพบว่าเครื่องใช้ไฟฟ้ารอบตัวเรานั้นมีความสามารถในการทำงานเพิ่มมากขึ้นกว่าอดีต เช่น เตาอบที่มีการตั้งโปรแกรมเวลาการทำงานได้ ซึ่งทำให้การใช้งานมีความสะดวกสบายมากขึ้นกว่าอดีต เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นมีความสามารถในการทำงานมากขึ้นเนื่องมากจากเรามีเทคโนโลยีทางไมโครคอนโทรเลอร์มาช่วยในการทำงานทดแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์เดิมที่ใช้กันอยู่ ซึ่งเทคโนโลยีนี้ทำให้เราสามารถเขียนโปรแกรมการทำงานมาแทนการออกแบบวงจรแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้โดยง่าย

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เสมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือระบบควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ให้มีความสามารถในการทำงานมากขึ้น โดยเราสามารถเปลี่ยนแปลงลำดับการทำงานได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขโปรแกรมในหน่วยความจำ ทำให้เราสามารถนำไมโครคอนโทรเลอร์มาประยุกต์ใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้ารอบตัว เช่น ระบบอัตโนมัติของเครื่องซักผ้า หรือ ระบบสมองกลของรถยนต์ เป็นต้น

ในปัจจุบันเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ (Espresso Machine) มีการผลิตอย่างแพร่หลาย มีให้เลือกหลากหลายขนาน แต่ราคาถือว่าค่อนข้างสูง เราจึงจะทำการออกแบบและสร้างเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ (Espresso Machine) ที่มีต้นทุนราคาที่ต่ำลงจากราคาจริง และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นตัวควบคุมการทำงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. ออกแบบแนวคิดของระบบการทำงานของเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่ (Espresso Machine) และไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

2. ลดต้นทุนของเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่ (Espresso Machine)

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

ออกแบบเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่ (Espresso Machine) ความดันไอน้ำ 1.2 บาร์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานของเครื่องชงกาแฟ โดยใช้การจำลองการทำงานด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจการทำงานของเครื่องทำกาแฟแบบเอสเพรสโซ่ (Espresso)
2. สามารถนำระบบการควบคุมแบบไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller) มาควบคุมการทำงานของเครื่องชงกาแฟ เช่น ความดันและอุณหภูมิ
3. แบบและแนวคิดในการสร้างเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่ (Espresso) ที่มีราคาถูกกว่าตามท้องตลาด

1.5 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน (Gantt Chart)

กิจกรรม	พ.ศ.2552							พ.ศ.2553		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษา/ค้นคว้าหาข้อมูล										
1.1 ระบบการทำงานของเครื่อง	←	→								
1.2 ส่วนประกอบของเครื่อง	←	→	→							
1.3 ระบบควบคุม (Microcontroller)	←	→	→							
2. ออกแบบ										
2.1 ตัวเครื่อง (Hardware)			←	→	→					
2.1.1 ระบบจ่ายน้ำ			←	→						
2.1.2 หม้อต้มไอน้ำ			←	→						
2.1.3 ระบบจ่ายไอน้ำ				←	→					
2.2 โปรแกรมควบคุม (Software)			←	→	→	→				
- ระดับน้ำควบคุมอุณหภูมิ			←	→						
- ความดัน			←	→	→					
- ควบคุมอุณหภูมิ				←	→	→				
3. จำลองการทำงาน										
- โปรแกรม Proteus						←	→	→		
6. จัดทำรายงาน (เอกสาร , เตรียมการนำเสนอ)									←	→

1.6 งบประมาณ

อุปกรณ์	ราคา (บาท)
1. ถังเก็บน้ำ (Stainless steel) 2 ลิตร	500
2. สวิตช์ระดับน้ำ 2 ตัว	1,000
3. ท่อทองแดง 1 เมตร	350
4. ข้อต่อทองแดง 7 ตัว	630
5. โซลินอยด์วาล์ว 2 ตัว	1,800
6. หม้อต้มไอน้ำ Boiler 1 ลิตร (Stainless steel)	2,000
7. Bolt และ Nut 4 ตัว	200
8. ฮีตเตอร์ (Heater) 3,000 watt	1,000
9. Pressure Switch 1ตัว	450
10. Filter	450
11. เทอร์มิสเตอร์ (Thermistors)	250
12. ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877A	300
13. จอแสดงผล (LCD) 16 × 2	150
14. รีเลย์ (Delay) 5 ขา 5 ตัว	75
15. วงจรรวมขยายสัญญาณ	20
16. ตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Crystal)	20
17. สายไฟแผงควบคุม	100
รวม	9,295

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์การออกแบบการทำงานของเครื่องชงกาแฟเอสเพรสโซ่ โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นสองส่วนหลัก ได้แก่ เครื่องชงกาแฟ และส่วนการควบคุมการทำงานของเครื่องโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1 ระบบของเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่

เครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่ประกอบไปด้วยระบบหลักๆ ได้แก่ ระบบการจ่ายน้ำ หม้อต้ม (Boiler) และการให้ความร้อน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 ระบบการจ่ายน้ำ

2.1.1.1 อัตราการไหล

จากรูปที่ 2.1 แสดงการออกแบบการติดตั้งถังเก็บน้ำ โดยให้อยู่สูงกว่าระบบท่อ เพื่อให้เกิดพลังงานศักย์และเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์เมื่อเปิดวาล์วให้น้ำไหลผ่านท่อ อัตราการไหลของน้ำจะขึ้นอยู่กับระดับความสูงของถังเก็บน้ำ ขนาดของท่อ และข้อต่อต่างๆ โดยมีทฤษฎีในการคำนวณดังต่อไปนี้

$$\frac{P_1}{\gamma}+Z_1+\frac{V_1^2}{2g}=\frac{P_{ref}}{\gamma}+Z_{ref}+\frac{V_{ref}^2}{2g}+h_{loss,f}+h_{loss,m} \qquad (2.1)$$

เมื่อ P_1 = ความดันอากาศที่กระทำต่อผิวหน้าของน้ำที่หน้าตัด 1 มีหน่วย Pa

P_{ref} = ความดันที่ตำแหน่งทางออกของท่อน้ำสู่หม้อต้มไอน้ำ มีหน่วย Pa

Z_1 = ความสูงของน้ำของถังเก็บน้ำจนถึงตำแหน่งอ้างอิง มีหน่วย m

Z_{ref} = ความสูงของน้ำของหม้อไอน้ำจนถึงตำแหน่งอ้างอิง มีหน่วย m

$\overline{V}_1^2$ = ความเร็วการลดลงของผิวน้ำที่ถังเก็บน้ำ มีหน่วย m/s

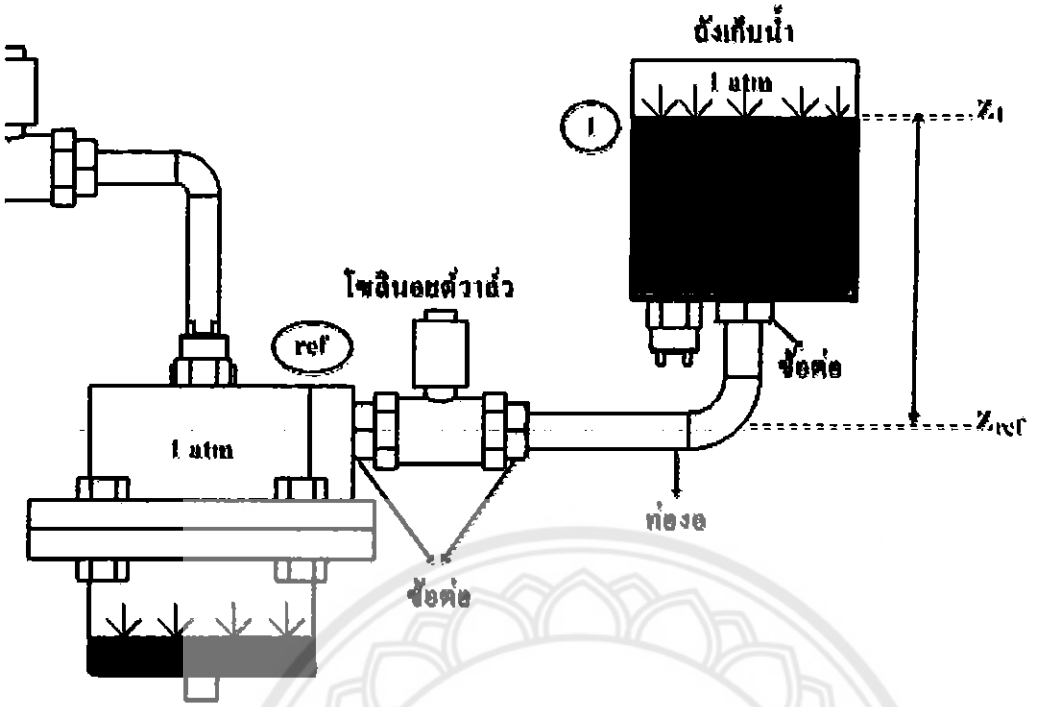
V_{ref}^2 = ความเร็วของน้ำที่ทางออกของท่อ มีหน่วย m/s

$h_{loss,f}$ = เฮดสูญเสียเนื่องจากการไหลในท่อ มีหน่วย m

$h_{loss,m}$ = เฮดสูญเสียรองเนื่องจากการไหลผ่าน ข้อต่อ ท่องอและวาล์ว มีหน่วย m

γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ มีหน่วย N/m^3

สมการ 2.1 เรียกว่าสมการเบอร์นูลลี่ (Bernoulli Equation)



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างตำแหน่งของถังเก็บน้ำและระบบท่อ

จากรูป 2.1 จะเห็นว่าถังเก็บน้ำตั้งไว้สูง ($Z_1 - Z_{ref}$) Z_{ref} คือ ตำแหน่งอ้างอิงที่ต้องการปล่อยน้ำออกจากท่อเป็นตำแหน่งตรงกับจุดศูนย์กลางของท่อ การปล่อยให้น้ำไหลออกจากถังเก็บเป็นการที่พลังงานศักย์เปลี่ยนไปเป็นพลังงานจลน์ ซึ่งได้ความเร็วของน้ำที่ไหลในท่อ (V) จนถึงทางออกของท่อ โดยไม่พิจารณาความเร็วระดับน้ำที่ลดลงของถังเก็บน้ำ ($V_1 = 0$) โดยที่พิจารณา head loss ของ ข้อต่อ ท่องอ โซลินอยด์วาล์ว ต้องการทราบอัตราไหลของน้ำผ่านระบบท่อจนถึงทางออกของท่อ (V_{ref}) ตามที่ได้แสดงดังรูป

2.1.1.2 เฮดสูญเสียหลัก

เฮดสูญเสียหลัก คือเฮดสูญเสียที่เกิดความเสียดทานต่อการไหลในขณะไหลผ่านท่อแต่ละท่อ โดยมีสมการในการคำนวณที่ใช้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เฮดสูญเสียที่เกิดกับอุปกรณ์การต่อท่อต่างๆเป็นไปตามดังสมการดังนี้

$$h_{loss,f} = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} \qquad (2.2)$$

เฮดสูญเสียทั้งหมดที่เกิดอุปกรณ์ของท่อ

$$h_{loss,f} = h_{loss,f_1} + h_{loss,f_2} + h_{loss,f_3} + h_{loss,f_4} + h_{loss,f_5} \quad (2.3)$$

เมื่อ ตัวห้อย 1 หมายถึง ข้อต่อ

ตัวห้อย 2 หมายถึง ท่องอ

ตัวห้อย 3 หมายถึง ข้อต่อ

ตัวห้อย 4 หมายถึง โซลินอยด์วาล์ว

ตัวห้อย 5 หมายถึง ข้อต่อ

หรือเขียนในรูปสั้นได้เป็น

$$h_{loss,f} = \sum_{i=1}^{5}\left(f_i \frac{L_i}{D_i}\frac{V_i^2}{2g}\right) \quad (2.4)$$

จากสมการเครื่องหมาย $\sum$ เป็นการรวมค่าเฮดสูญเสียที่เกิดจากขณะการไหลภายในของแต่ละอุปกรณ์การต่อท่อ

2.1.1.3 เฮดสูญเสียรอง

เฮดสูญเสียรอง คือเฮดสูญเสียที่เกิดจากการไหลผ่าน ข้อต่อ ท่องอ วาล์ว สมการในการคำนวณที่ใช้มีดังต่อไปนี้

$$h_{loss,m} = \sum_{j=1}^{5}\left(K_j \times \frac{V_j^2}{2g}\right) \quad (2.5)$$

หมายเหตุ เครื่องหมาย $\sum$ เป็นการรวมค่าเฮดสูญเสียรอง ที่เกิดจากการไหลผ่าน ข้อต่อ ท่องอ และวาล์วต่างๆ

เมื่อ

f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่เกิดขึ้นจากการไหลภายในท่อ ซึ่งเกิดจากความขรุขระของผนังของท่อแต่ละอัน หรือสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของ Darcy (Darcy friction factor) สามารถหาได้จาก Moody diagram ดังแสดงในรูปที่ 2.2

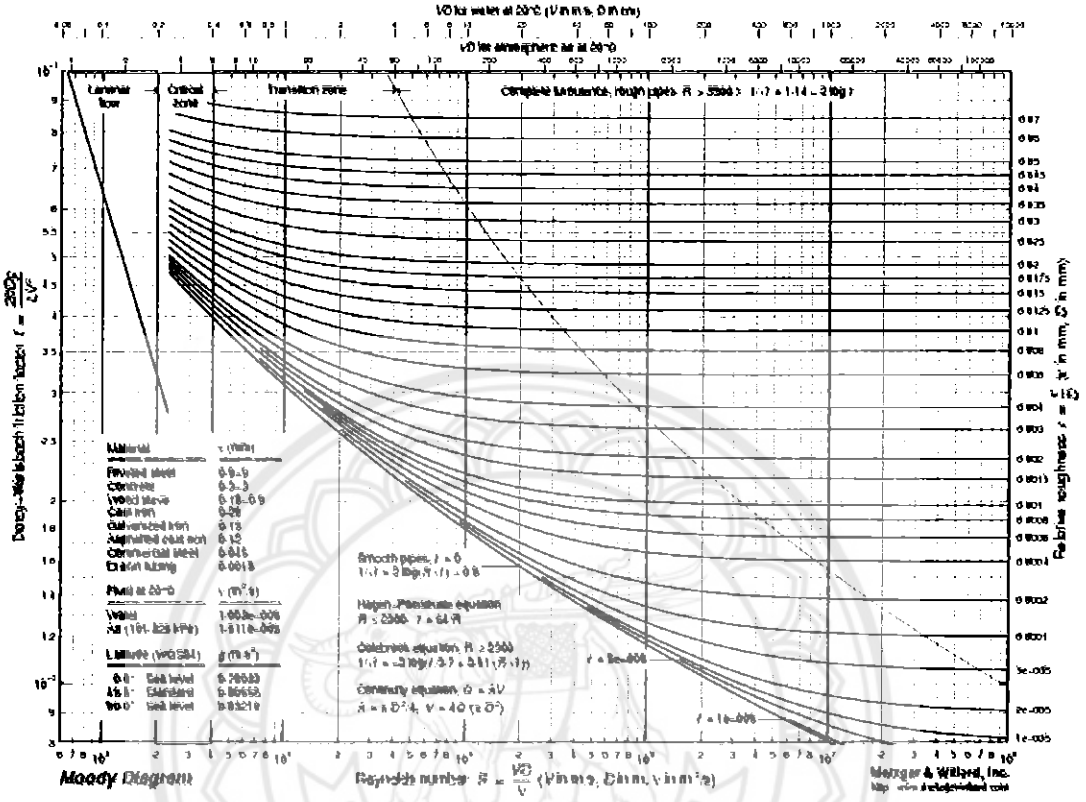
L = ความยาวสมมูลของท่อ (เช่น ท่องอคิดความยาวของท่อให้เป็นท่อตรง) มีหน่วยเป็น m

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ มีหน่วยเป็น m

V = ความเร็วของน้ำที่ไหลภายในท่อ มีหน่วยเป็น m/s

g = แรงโน้มถ่วงของโลก มีค่าเท่ากับ 9.81 m/s^2

K = สัมประสิทธิ์การสูญเสียเนื่องจาก ข้อต่อ ข้องอ ข้อโค้งกลับ ข้อต่อยูเนียน และวาล์ว แสดงใน ตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.2 แผนภาพ Moody :ที่มาจาก www.metzgerwitard.com

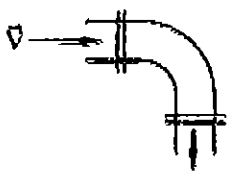
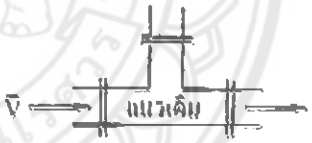
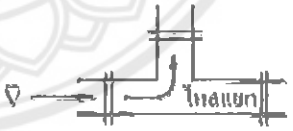
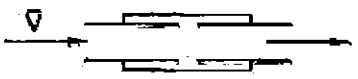
จาก Moody diagram เราสามารถหาความขรุขระสัมพัทธ์ (r) ดังสมการต่อไปนี้

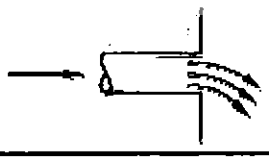
$$r = \frac{\varepsilon}{D} \qquad (2.6)$$

โดยที่ ε คือ ความขรุขระสมมูล (บอกถึงความหยาบของวัสดุท่อ) มีหน่วยเป็น m ค่า ε ของท่อที่ทำจากวัสดุต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2.2

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ มีหน่วยเป็น m

ตารางที่ 2.1 สัมประสิทธิ์การสูญเสียสำหรับการไหลผ่านข้องอ ข้อโค้งกลับ ข้อต่อสามทาง ข้อต่อยูเนียน และวาล์ว

อุปกรณ์ในระบบท่อ	K
ก) ข้องอ (elbow)	
➢ ข้องอ 90 ° (ปกติ) , แบบหน้าแปลน 	0.3
➢ ข้องอ 90 ° (ปกติ) , แบบเกลียว	1.5
➢ ข้องอ 90 ° (รัศมียาว) , แบบหน้าแปลน	0.2
➢ ข้องอ 90 ° (รัศมียาว) , แบบเกลียว	0.7
➢ ข้องอ 45 ° (รัศมียาว) , แบบหน้าแปลน	0.2
➢ ข้องอ 45 ° (ปกติ) , แบบเกลียว	0.4
ข) ข้อโค้งกลับ (return bend)	
➢ โค้งกลับ 180 ° แบบหน้าแปลน	0.2
➢ โค้งกลับ 180 ° แบบเกลียว	1.5
ค) ข้อต่อสามทาง (tee)	
➢ ไหลในแนวเดิม , แบบหน้าแปลน 	0.2
➢ ไหลในแนวเดิม , แบบเกลียว	0.9
➢ ไหลแยก , แบบหน้าแปลน	1.0
➢ ไหลแยก , แบบเกลียว 	2.0
ง) ข้อต่อยูเนียน (union) , แบบเกลียว (threaded) 	0.08
จ) วาล์ว (valve)	
➢ โกลบวาล์ว , เปิดเต็มที่	10
➢ แองเกิลวาล์ว (angle valve) , เปิดเต็มที่	2
➢ เกตวาล์ว (gate valve) , เปิดเต็มที่	0.15
เกตวาล์วปิด $\frac{1}{4}$	0.26

อุปกรณ์ในระบบท่อ	K
เกตวาล์วปิด $\frac{3}{8}$	0.81
เกตวาล์วปิด $\frac{1}{2}$	2.06
เกตวาล์วปิด $\frac{5}{8}$	5.52
เกตวาล์วปิด $\frac{3}{4}$	17.0
เกตวาล์วปิด $\frac{7}{8}$	97.8
วาล์วกันกลับ (check valve) แบบสวิง (swing type)	2.5
แบบลูกบืน (ball type)	70.0
แบบลิฟต์ (lift type)	12.0
วาล์วลูกบืน (ball valve) , เปิดเต็มที่	0.05
$\phi = 10°$	0.29
$\phi = 20°$	1.56
$\phi = 30°$ (ปิด $\frac{1}{3}$)	5.47
$\phi = 40°$	17.30
$\phi = 50°$	25.6
$\phi = 60°$ (ปิด $\frac{2}{3}$)	206.0
$\phi = 70°$	485.0
ปลายท่อทางออก (pipe exit) 	1.0

ตารางที่ 2.2 ความขรุขระสมมูลของผิวท่อที่ทำมาจากวัสดุต่างๆ

ชนิดวัสดุที่ใช้ทำท่อ	ความขรุขระสมมูล ε (mm)
เหล็กกล้าตะเข็บหมุดย้ำ (riveted steel)	0.9 – 9.0
คอนกรีต	0.3 – 3.0
ท่อไม้ (wood stave)	0.18 – 0.9
เหล็กหล่อ (cast iron)	0.25
ผิวท่อเคลือบสังกะสี	0.15
เหล็กกล้าทั่วไป (เหล็กเหนียว , wrought iron)	0.046
ท่อรีด (drawn tubing)	0.0015
พลาสติก , แก้ว	0.0

2.1.2 หม้อต้ม (Boiler) ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องมีดังต่อไปนี้

2.1.2.1 แรงจับยึดฝาหม้อไอน้ำ

เครื่องจักรกลประกอบด้วยชิ้นงานเครื่องจักรกลจำนวนมากที่ยึดอยู่ด้วยกัน วิธีการยึดชิ้นส่วนมีอยู่หลายวิธี แต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียต่างกัน การพิจารณารอยต่อด้วย Bolts และ Nuts การเสียหายสามารถเกิดได้หลายประการ โดยแบ่งตามการประกอบและการรับแรง ออกเป็น 5 ประเภท ใหญ่ๆ ดังนี้คือ

1. ไม่มีความเครียดหรือไม่มีแรงดึงก่อนใช้งาน(วิธีออกแบบเฉพาะปลายขอเกี่ยวยกเครื่อง)

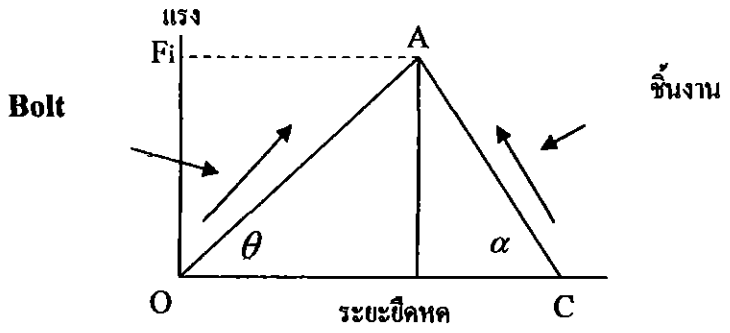
2. มีความเครียดหรือมีแรงดึงก่อนใช้งานโดยไม่มีแรงภายนอกในแนวแกน(วิธีออกแบบเฉพาะดุมคาน)

3. มีความเครียด รับแรงภายนอกในแนวแกน(วิธีออกแบบเฉพาะภาชนะความดัน)

4. มีความเครียด รับแรงเฉือนจากภายนอก(วิธีออกแบบเฉพาะคัปปลิง)

5. มีความเครียด รับแรงเยื้องศูนย์ (การยึด Bolt ไม่ตรงกับศูนย์กลางจุดหมุนโมเมนต์ของคานเหล็กเป็นวิธีออกแบบเฉพาะคานเหล็ก)

สำหรับหม้อไอน้ำนั้น เราพิจารณาตามข้อ 3 สำหรับรอยต่อที่มีความหนาแน่นมากหรือต้องมีการป้องกันการรั่ว เช่น รอยต่อของฝาปิดภาชนะความดัน ซึ่งเราเลือกที่จะป้องกันการรั่วซึมของไอน้ำโดยใช้ O-ring



รูปที่ 2.3 กฎของฮุคในช่วงยืดหยุ่นของวัสดุ

จากรูปที่ 2.3 พิจารณาจากกฎของฮุคในช่วงยืดหยุ่นของวัสดุ เมื่อออกแรงขัน Nuts จะเกิดแรงภายในของ Bolt เมื่อออกแรงขันไปเรื่อยๆ Bolt เกิดการยืดตัวออก ในขณะเดียวกันชิ้นงานเกิดการหดตัว เนื่องจากแรงขันจาก Nuts เมื่อตำแหน่ง A เป็นจุดสิ้นสุดของการออกแรงขันมีค่า (F_i) แรงขันนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบว่าต้องการยืดชิ้นงานด้วยแรงขันอยู่เท่าไหร่ โดย θ คือมุมระหว่าง (F_i) กับ ระยะยืดของ Bolt มุม α คือมุมระหว่าง (F_i) กับระยะหดของชิ้นงาน

ถ้าให้ k_b และ k_c เป็นค่าความแข็งตึงของสลักเกลียวและชิ้นงานตามลำดับแล้ว จากรูปที่ 2.3 จะได้ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

สำหรับ Bolt

$$\tan\theta = k_b = \frac{F_i}{\delta_b} \tag{2.7}$$

สำหรับ Nuts

$$\tan\theta = k_c = \frac{F_i}{\delta_c} \tag{2.8}$$

แรงดึงชั้นต้น

$$F_i = \sigma_i A = \frac{F_i}{\delta_c} = E\frac{\delta}{l}A = \left[\frac{EA}{l}\right]\delta_b = k_b\delta_b \tag{2.9}$$

ซึ่งเป็นสมการเดียวกันกับการยืดหยุ่นของสปริง ดังนั้นความแข็งตึงคือ

$$k_b = \frac{EA}{l} \tag{2.10}$$

โดยที่ F_i คือ แรงขันน็อต มีหน่วยเป็น N

δ_b คือ ระยะยืดของ Bolt มีหน่วยเป็น mm

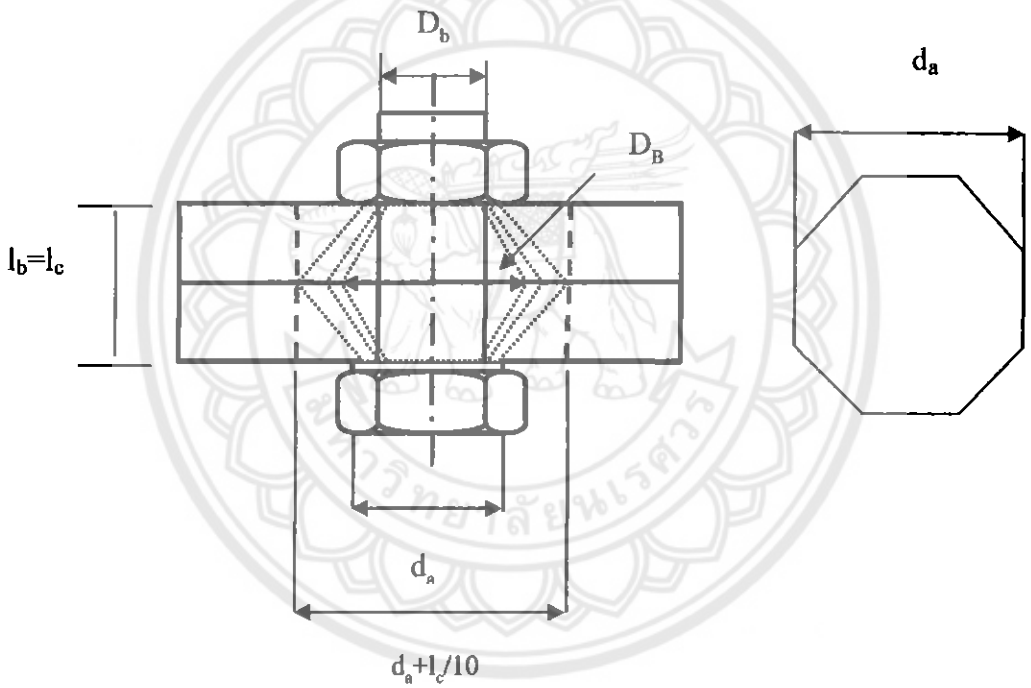
δ_c คือ ระยะหดของชิ้นงาน มีหน่วยเป็น mm

l คือ ความหนาของชิ้นงาน มีหน่วยเป็น mm

E คือ ค่า Elasticity ของวัสดุ มีหน่วยเป็น GPa

A คือ พื้นที่หน้าตัดของ Bolt มีหน่วยเป็น mm^2

ในกรณีของชิ้นงานจะหาค่าความแข็งตึง k_c ได้ยาก เนื่องจากไม่อาจหาค่าของพื้นที่ที่กดกันอยู่จริงๆได้อย่างแน่นอน เพราะค่าความเค้นที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานนะแผ่กระจาย ดังรูปที่ 2.4 เราสมมติ ถ้าความหนาของชิ้นงานที่นำมายึด $l_c \leq 20\ d_a$ สามารถคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของทรงกระบอกนี้ได้จากสมการ



รูปที่ 2.4 การกระจายความเค้นบนชิ้นงาน

$$A_c = \frac{\pi}{4}\left[\left[d_a + \frac{l_c}{10}\right]^2 - D_B{}^2\right] \qquad (2.11)$$

โดยที่ A_c คือ พื้นที่หน้าตัดของทรงกระบอกกลวง

d_a คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุดของ Bolt กับ Nuts ถ้ามีรูปร่างเป็นหกเหลี่ยมก็กำหนดให้มีขนาดเท่ากับขนาดของบ่า หรือความกว้างของด้านขนานของหัว แต่โดยทั่วไปอาจใช้ $d_a \approx 1.5D_b$

l_c คือ ความหนาของชิ้นงานที่นำมายึด

D_B คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะบนชิ้นงาน โดยทั่วไปมักใช้ $D_B \approx 1.14D_b$ แต่ถ้า เป็นชิ้นงานที่ผลิตโดยการหล่อจะใช่ $D_B \approx 1.25D_b$

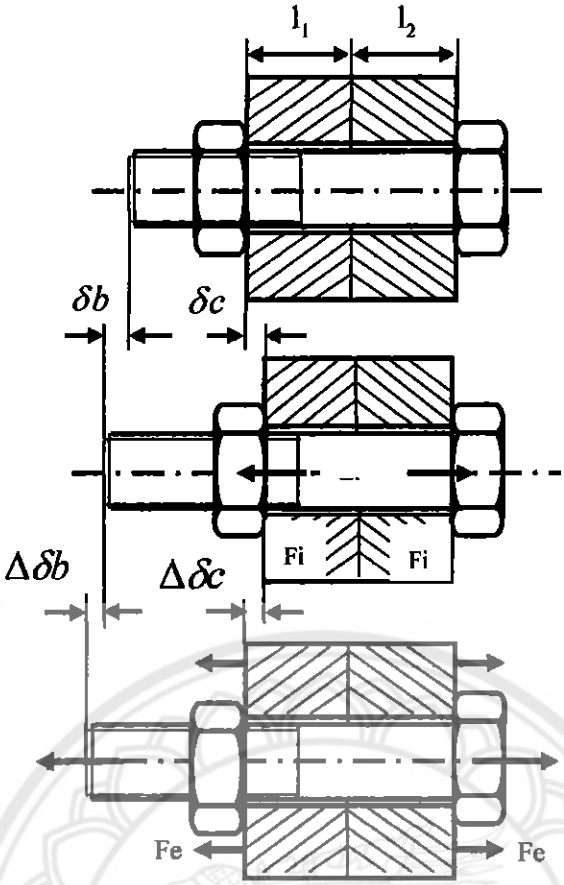
D_b คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของ Bolt

ดังนั้น จึงหาค่าความแข็งตึงของชิ้นงานได้จากสมการ

$$k_c = \frac{F_i}{\delta_c} = \frac{A_c E_c}{l_c} \tag{2.12}$$

โดยที่ k_c เป็นค่าความแข็งตึงของชิ้นงาน

จากรูปที่ 2.5 ภาพ (ก) คือ Bolt กับ Nuts ที่ยึดในสภาพปกติยังไม่ได้ออกแรงขันกับชิ้นงานแต่ยังไม่มีแรงภายนอกมากระทำ ภาพ (ข) เมื่อออกแรงขัน (F_i) Bolt กับ Nuts ยึดชิ้นงานแน่นจนกระทั่งชิ้นงานเกิดการยุบตัวเล็กน้อย (δ_c) และ Bolt เกิดการยืดตัวออกมา (δ_b) แต่ยังไม่มีแรงภายนอกมากระทำ ภาพ (ค) เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำกับชิ้นงาน (F_e) ชิ้นงานเกิดการยืดตัวออก ($\Delta\delta_b$) และ Bolt เกิดการยืดตัวออก ($\Delta\delta_c$) เช่นเดียวกัน

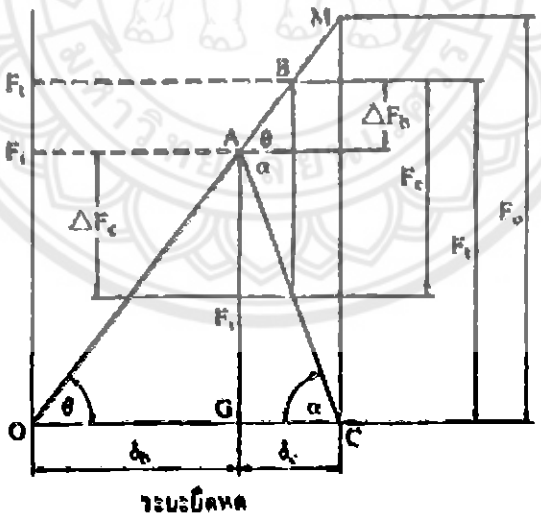


(ก) สภาพปกติ

(ข) เมื่อออกแรงขัน

(ค) เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำชิ้นงาน

รูปที่ 2.5 แรงบนรอยต่อของ Bolt กับ Nuts



ระยะยืดหด

รูปที่ 2.6 แผนภาพของแรงและการยืดหด

จากรูป 2.6 เป็นกราฟที่แสดงมาจากรูป 2.5 จากสามเหลี่ยมคล้าย OGA และ OCM

จะได้

$$\frac{F_o}{F_i}=\frac{\delta_b+\delta_c}{\delta_c} \tag{2.13}$$

$$F_o=F_i\left[\frac{\delta_b+\delta_c}{\delta_b}\right] \tag{2.14}$$

โดย $\delta=\frac{F}{k}$ จากกฎของฮุค

$$F_o=F_i\left[\frac{\frac{F_i}{k_b}+\frac{F_i}{k_c}}{\frac{F_i}{k_b}}\right] \tag{2.15}$$

ตัดตัวร่วมออกและจัดรูปใหม่ให้อยู่ในรูปของความแข็งตึงได้เป็น

$$F_o=F_i\left[\frac{k_b+k_c}{k_c}\right] \tag{2.16}$$

ย้ายข้างสมการที่ (2.15) จะได้

$$F_i=F_o\left[\frac{k_c}{k_b+k_c}\right] \tag{2.17}$$

จากสมการเหล่านี้ F_o เป็นแรงภายนอกที่จะทำให้รอยต่อเปิดได้ถ้ามีแรงดึงชั้นต้น F_i หรืออีกนัยหนึ่งถ้าทราบแรงภายนอก F_o ก็สามารถคำนวณได้ว่าจะต้องขันให้มีแรงชั้นต้น F_i อย่างน้อยที่สุดเท่าใดจึงจะใช้งานได้ ในทางปฏิบัติแล้วนิยมใช้ค่า F_o มากกว่าแรงภายนอก 1.2 ถึง 2 เท่าเมื่อรอยต่อไม่มีปะเก็น แหวนรอง นั่นคือให้ $F_o=QF_e$ เมื่อ F_e เป็นแรงภายนอกจริงๆ ดังนั้น

$$F_i=QF_e\left[\frac{k_c}{k_b+k_c}\right] \tag{2.18}$$

รอยต่อกันรั่วอาจจะต้องทำการทดสอบโดยใช้ความดันสถิต 1.5 ถึง 2 เท่าของความดันที่ใช้งานจริง ค่าของ F_i จากสมการที่ 2.15 อาจจะมีค่าน้อยหรือมากกว่าแรงภายนอก F_e ขึ้นอยู่กับค่า Q, k_c, k_b

จากรูปที่ 2.5 สมมติว่าขัน Bolt และ Nut จนมีแรงดึงชั้นต้น F_i และรอยต่อรับแรง F_e ขณะนี้ชิ้นส่วนต่างๆ ทั้งหมดอยู่ในช่วงยืดหยุ่น Bolt และ Nut จะยืดออก $\Delta\delta_b$ และ Bolt และ Nut รับแรงรวม F_t คือ อยู่ที่จุด B แรงนี้เปลี่ยนไปจากเดิม ΔF_b ซึ่งสัมพันธ์กับระยะยืด $\Delta\delta_b$ และชิ้นงานก็จะรับแรงน้อยลง $\Delta F_c = F_e - \Delta F_b$

ระยะยืดหดของชิ้นงานที่เปลี่ยงแปลง

$$\Delta\delta_c = \frac{\Delta F_c}{k_c} = \frac{F_e - \Delta F_b}{k_c} = \frac{\Delta F_c}{k_b} \tag{2.19}$$

แก้สมการหาค่า ΔF_b จะได้

$$\Delta F_b = F_e\left[\frac{k_b}{k_b + k_c}\right] \tag{2.20}$$

ดังนั้นแรงรวมที่กระทำกับ Bolt และ Nut

$$F_t = F_i + \Delta F_b \tag{2.21}$$

$$F_t = F_i + F_e\left[\frac{k_b}{k_b + k_c}\right] \tag{2.22}$$

ในทำนองเดียวกันแรงรวมที่กดบนชิ้นงาน

$$F_t = F_i - F_e\left[\frac{k_b}{k_b + k_c}\right] \tag{2.23}$$

โดยที่ F_t คือ แรงรวมบน Bolt และ Nut

F_{tc} คือ แรงรวมที่กระทำบนชิ้นงาน

F_i คือ แรงดึงชั้นต้น

F_e คือ แรงภายนอกในแนวแกน

2.1.2.2 ความเค้นในเกลียวของสวิตช์ระดับน้ำ

เมื่อเราทราบว่าความดันที่กระทำต่อสวิตช์ระดับ เราต้องการทราบพื้นที่เกลียวที่ถูกกระทำจาก

ตาราง 2.3

ตารางที่ 2.3 เกลียวเมตริกแบบมาตรฐานระหว่างประเทศ

สัญลักษณ์(เส้นผ่านศูนย์กลาง×ระยะพิตช์)	พื้นที่รับความเค้นต่อระยะพิตช์(mm^2)
M16×1	178
M12×1	96.1

2.1.3 ระบบการให้ความร้อน

การให้ความร้อนแก่น้ำในหม้อต้มน้ำ จะใช้ฮีตเตอร์เป็นอุปกรณ์ในการให้ความร้อนจะติดตั้งอยู่บริเวณล่างของภายในหม้อต้มน้ำ ค่าความร้อนที่เกี่ยวข้องกับการหาขนาดของฮีตเตอร์เป็นดังต่อไปนี้

2.1.3.1 ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat)

เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสารแต่ไม่เกิดการเปลี่ยนเฟสของสสารนั้นจะได้ความร้อนสัมผัสเป็นไปตามดังสมการต่อไปนี้

$$Q_s = m \times C_p \times \Delta T \qquad (2.24)$$

โดยที่ Q_s คือ ความร้อนสัมผัส มีหน่วยเป็น kJ

m คือ มวลของน้ำเหลว มีหน่วยเป็น kg

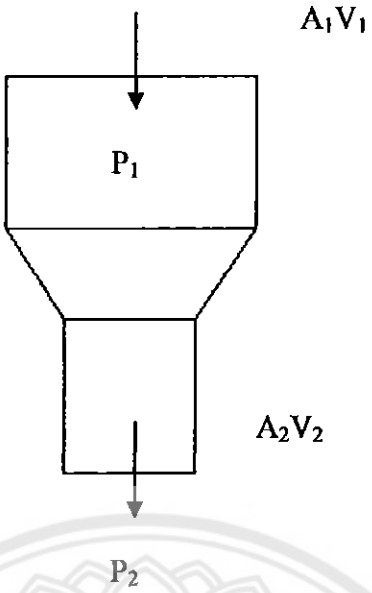
C_p คือ ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ มีหน่วยเป็น kJ/kg-K

ΔT คือ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำ มีหน่วยเป็น K

จากสมการข้างต้นนำค่าความสัมผัสเป็นความร้อนที่สามารถนำไปหาขนาดของฮีตเตอร์ได้

2.1.3.2 ท่อไอน้ำเพิ่มความดัน

หลังจากต้มน้ำได้ความดัน จากนั้นก็เปิดสู่บรรยากาศความดันของไอน้ำไหลไปตามท่อไอน้ำจนถึงท่อลดขนาด(Nozzle) ซึ่งสามารถเพิ่มความดันในท่อทางออกของไอน้ำได้ โดยภายใต้สมมุติฐานแรงดันคงที่(F=คงที่) อัตราการไหลคงที่($A_1V_1 = A_2V_2$)



รูปที่ 2.7 ความดันของไอน้ำจากหม้อต้มผ่านท่อลด เพื่อเพิ่มความดันในท่อมาผสมกับผงกาแฟ

2.2 ระบบควบคุมของเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่

ระบบควบคุมของเครื่องชงกาแฟโดยทั่วไป จะใช้การควบคุมเชิงกลทางไฟฟ้าราคาค่อนข้างแพง ในปัจจุบันมีระบบการควบคุม ซึ่งประหยัดกว่าระบบเดิมเป็นการควบคุมแบบดิจิตอล ในที่นี้เรียกว่า *ระบบการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์* การที่จะให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานที่ต้องการได้ต้องมี *การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน* ระบบควบคุมนี้ยังเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุด

2.2.1 ส่วนควบคุมหลัก (ไมโครคอนโทรลเลอร์)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มาจากคำ 2 คำ คำหนึ่งคือ ไมโคร (Micro) หมายถึงขนาดเล็ก และคำว่า คอนโทรลเลอร์ (Controller) หมายถึง ตัวควบคุมหรืออุปกรณ์ควบคุม ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงหมายถึงอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่งซึ่งภายในประกอบด้วยวงจรอื่น ๆ หลายวงจรทำงานร่วมกัน เช่น หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit : CPU) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (Arithmatic Logic Unit : ALU) วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) หน่วยความจำ (Memory : ROM, RAM) วงจรรับสัญญาณอินพุทและขับสัญญาณเอาท์พุท (I/O Port)

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่น ๆ (Embeded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์, เตาอบไมโครเวฟ, เครื่องปรับอากาศ, เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้ในงานควบคุมหลายประการ เช่น

- ชิพไอซีและระบบที่ได้มีขนาดเล็ก

- ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิพไมโครโปรเซสเซอร์
- วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร
- มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย
- ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้

โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

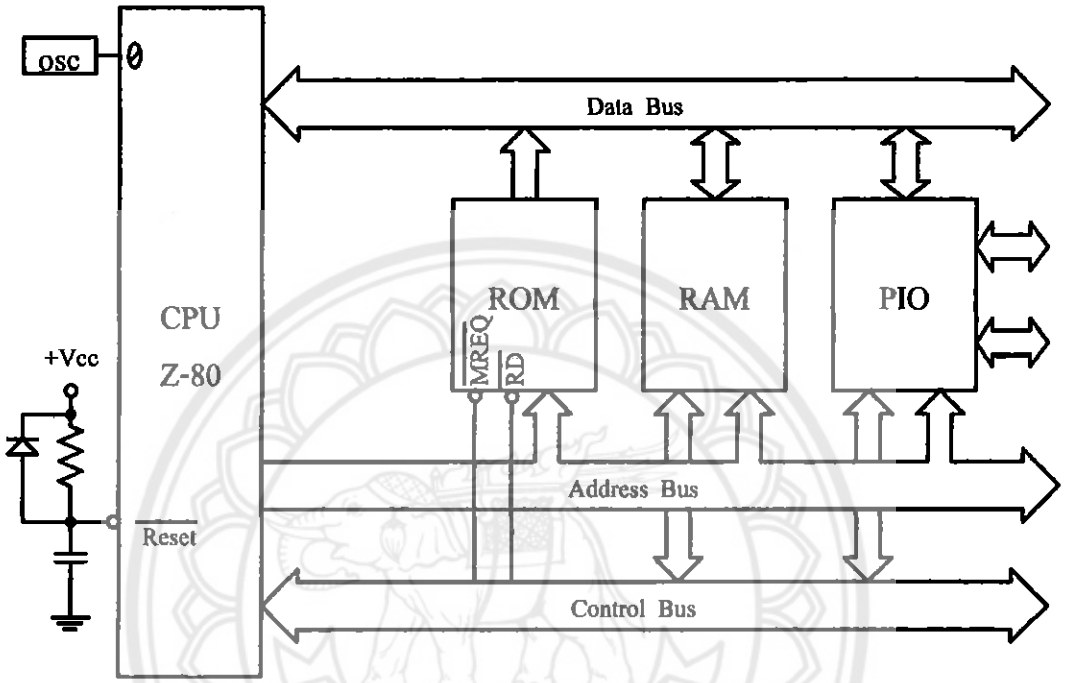
1. หน่วยประมวลผลกลางหรือไมโครคอนโทรลเลอร์
   ส่วนประมวลผล คือส่วนที่ทำหน้าที่คำนวณและการตัดสินใจแบบมีเงื่อนไข (LOGIC) ซึ่งจะมีการทำงานที่ซับซ้อน โดยลำดับในการทำงานของส่วนประมวลผลจะขึ้นอยู่กับการจัดลำดับคำสั่งในการเขียนโปรแกรมป้อนคำสั่ง ซึ่งจะบรรจุอยู่ภายในของส่วนพื้นที่เก็บข้อมูล

2. หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ คือ ข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดาษทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความจำแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไป

   แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

3. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุตเพื่อรับสัญญาณ อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผล เช่น การติดสว่างของหลอดไฟ ส่งสัญญาณให้ทำงานเป็นต้น
4. ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) , บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus) บัสข้อมูลเป็นสายสัญญาณที่บรรจุข้อมูล เพื่อการประมวลผลทั้งหมด ขนาดของบัสจะขึ้นอยู่กับความสามารถการประมวลผลของซีพียู สำหรับในงานทั่วๆ ไป ขนาดของบัสข้อมูลจะเป็น 8 บิต และในปัจจุบันได้มีการพัฒนาขึ้นมาจนถึง 16 , 32 และ 64 บิต

5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย



รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีด้วยกันหลายประเภทแบ่งตามสถาปัตยกรรม (การผลิตและกระบวนการทำงานระบบการประมวลผล) ที่มีใช้ทั้งหมด 11 อย่าง ในปัจจุบันยกตัวอย่างดังนี้

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC (บริษัทผู้ผลิต Microchip ไมโครชิป)
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 (บริษัทผู้ผลิต Atmel,Phillips)
3. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (บริษัทผู้ผลิต Atmel)
4. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM7,ARM9 (บริษัทผู้ผลิต Atmel,Phillips,Analog Device,Sumsung,STMicroelectronics)
5. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Basic Stamp (บริษัทผู้ผลิต Parallax)
6. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PSOC (บริษัทผู้ผลิต CYPRESS)
7. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MSP (บริษัทผู้ผลิต Texas Intruments)
8. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 68HC (บริษัทผู้ผลิต MOTOROLA)
9. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล H8 (บริษัทผู้ผลิต Renesas)

10. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล RABBIT (บริษัทผู้ผลิต RABBIT SEMICONDUCTOR)

11. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Z80 (บริษัทผู้ผลิต Zilog)

สำหรับโครงงานของเราเลือกที่จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC

PIC คือไมโครคอนโทรลเลอร์อีกตระกูลหนึ่ง ย่อมาจากคำว่า Peripheral Interface Controller ซึ่งจะรวมเอาทุกอย่างเอาไว้ในตัวของมันไม่ว่าจะเป็น PROGRAM MEMROY, RAM, EEPROM, SERIAL, I2C, PWM, A/D ฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอก ในตัวของ PIC จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผล รวมทั้งหน่วยความจำ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ผลิตจาก Microchip ซึ่งในปัจจุบันนิยมนำมาใช้งานงานกันอย่างกว้างขวาง ส่วนประกอบ หรือ สถาปัตยกรรมภาพรวมของไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูลนี้ โดยเบอร์ต่างๆ ของไอซีจะมีสถาปัตยกรรมแต่ละตัวแตกต่างกันออกไป

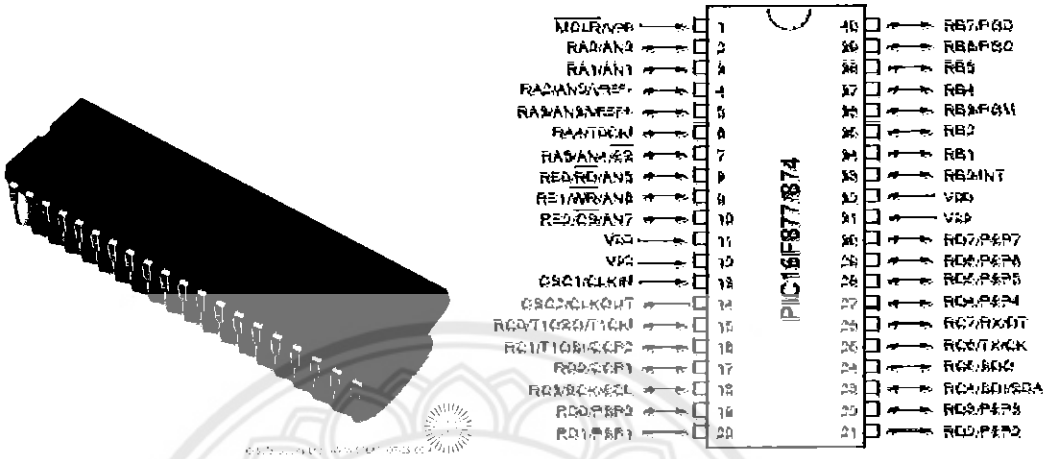
อุปกรณ์ที่นำมาใช้เป็นแผงควบคุมจะประกอบไปด้วย 5 อย่าง

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวควบคุมการทำงานของวงจรทั้งหมด เปรียบเสมือนหัวใจหลักของวงจร ปัจจุบันมีให้เลือกหลากหลายตามความเหมาะสมสำหรับการใช้งาน สำหรับโครงงานนี้เลือกใช้ตัวประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC โดยจะมีเบอร์ต่างๆ แต่ละเบอร์ก็จะมีคุณสมบัติที่แต่ต่างกัน ในการใช้งานเราควรจะทราบคุณสมบัติต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น ความถี่สูงสุดในการทำงาน, หน่วยความจำประเภทต่างๆ, แรงดันในการทำงาน, จำนวน Port I/O, ตอบสนองการอินเตอร์รัพได้กี่แห่ง, มี Time กี่ตัว, มี PWM กี่ชุดมี A/D ภายในตัวมาให้หรือไม่ เป็นต้น

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรเลอร์

คุณสมบัติ	16F877	16F627	16F628	16F84
ความถี่สูงสุด	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz
FLASH	8 K	1024 bytes	2048 bytes	1024 bytes
RAM	368 bytes	224 bytes	224 bytes	68 bytes
EEPROM	256 bytes	128 bytes	128 bytes	64 bytes
แรงดันทำงาน	2 – 5.5 V	2 – 5.5 V	2 – 5.5 V	2 – 5.5 V
I/Q port	A B C D E (33i/o)	A B (15 i/o)	A B (15 i/o)	A B (12 i/o)
Timer	3	3	3	1
จำนวนขา	40	18	18	18

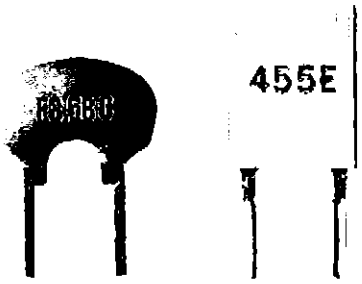
จะเห็นว่าแต่ละเบอร์จะมีคุณสมบัติที่เหมือนกันบางคุณสมบัติและบางเบอร์มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างตัวประมวลผล (CPU)

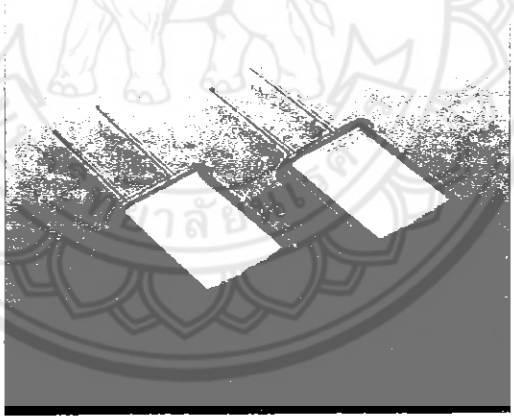
2. วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (Oscillator) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีสัญญาณเป็นตัวควบคุมจังหวะการทำงาน ดังนั้นหากต้องการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานต้องต่อวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Oscillator) ซึ่ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ก็เช่นกัน โดย PIC สามารถเลือกใช้วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Oscillator) ภายในหรือภายนอกได้ สำหรับวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Oscillator) ภายในจะเป็นประเภท RC Oscillator ซึ่งมีความถี่คงที่ 10 MHz ที่แรงดัน 5 V อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยวงจรประเภท RC Oscillator ความถี่จะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ แต่ถ้าเป็นวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Oscillator) ภายนอก ความถี่จะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ภายนอกที่นำมาต่อ วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาภายนอกมี 3 แบบ ดังนี้

- CERAMIC RESONATOR นิยมใช้ในกรณีที่ความถี่สูงไม่มาก ยอมรับ ERROR ของ ความถี่ได้พอสมควร เพราะว่ามีราคาถูกเมื่อเทียบกับ OSCILLATOR ที่ต่อภายนอกประเภทอื่น ไม่ต้องมี C ต่อภายนอกด้วย โดยขากลางจะเป็น GND ส่วนอีกสองขาต่อกับ CLKIN และ CLKOUT.



รูปที่ 2.10 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (Oscillator) แบบ CERAMIC RESONATOR

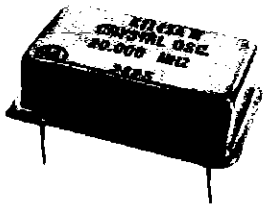
- QUARTZ CRYSTAL OSCILLATOR จะไม่มีวงจรขยายสัญญาณภายใน มีแต่ crystal ที่กำเนิดสัญญาณความถี่ กำลังต่ำออกมา จะต้องมี capacitor ต่อลง GND ของทั้งสองขา ตามรูป และทั้งสองขาต่อเข้ากับ CLKIN และ CLKOUT จะมีราคาแพงกว่า CERAMIC RESONATOR แต่จะให้ความเที่ยงตรงของความถี่ได้ดีกว่า



รูปที่ 2.11 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (Oscillator) แบบ QUARTZ CRYSTAL OSCILLATOR

- TTL CRYSTAL SQUAR-WAVE OSCILLATOR คือ oscillator ที่มี crystal อยู่ภายในพร้อมทั้งวงจรอยู่ภายในตัว ทำให้ความถี่ที่ออกมามีเสถียรภาพมาก แต่จะมีราคาแพง ลักษณะการต่อคือ ขา 14 ต่อ 5V, ขา 7 ต่อ GND, ขา 8 ต่อกับ CLK IN ส่วนขา หนึ่งไม่ใช้, ขา CLKOUT ของ PIC ก็ไม่ต้องต่อ

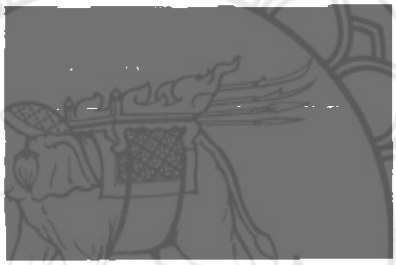
I5094604 e.2
ม.
9323x
2552



รูปที่ 2.12 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาแบบ TTL CRYTAL SQUAR-WAVE

3. จอแสดงผล (LCD)

แสดงสภาวะการทำงานของเครื่องที่นำไปใช้ในการควบคุมการทำงานจอแสดงผลสามารถแสดงผลออกมาเป็นตัวเลขและภาษาได้ มีขนาดจอแสดงให้เลือกหลายขนาดตามความต้องการของผู้ออกแบบ แต่ส่วนใหญ่นิยมอยู่ที่ขนาด กว้าง 16 สูง 2 หมายถึงแสดงตัวเลขและตัวอักษรได้มากถึง 16 ตัว จำนวน 2 บรรทัด

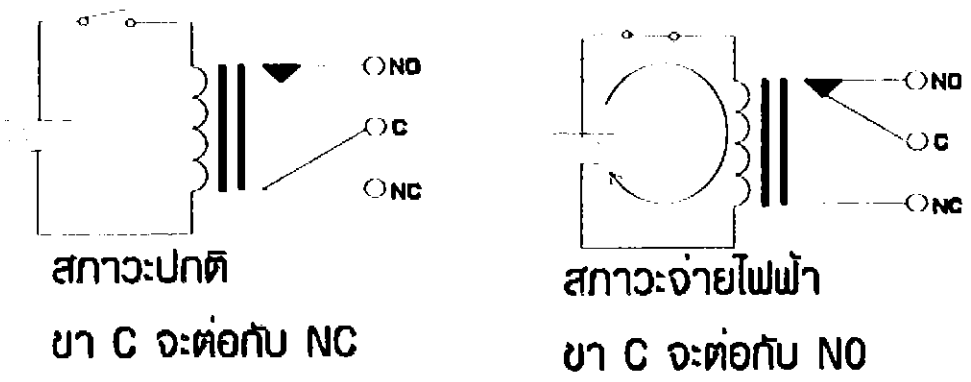


รูปที่ 2.13 ตัวอย่างจอแสดงผล (LCD)

4. รีเลย์ (RELAY)

รีเลย์ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เชิงกล ชนิดหนึ่งซึ่งทำหน้าเป็นสวิตช์ แต่รีเลย์นั้นจะถูกควบคุมด้วยกระแสไฟฟ้า การทำงานของรีเลย์ คือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด จะทำให้ขดลวดเกิดสนามแม่เหล็กไปดึง แผ่นหน้าสัมผัสให้ดึงลงมา แตะหน้าสัมผัสอีกอันทำให้มีกระแสไหลผ่านหน้าสัมผัสไปได้

รูปที่ 2.14 ตัวอย่างรีเลย์



รูปที่ 2.15 แสดงสภาวะการทำงานของรีเลย์

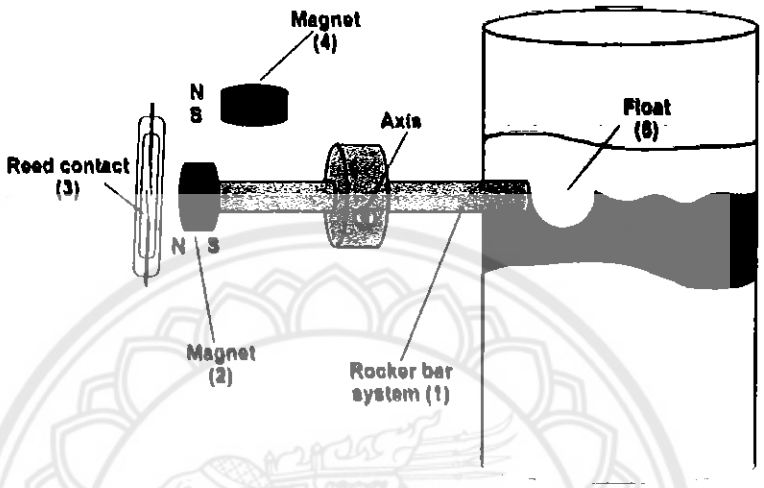
5. ตัวขยายสัญญาณ (ULN2803)

ULN2803 ซึ่งเป็นไอซีไดรเวอร์ โดยภายในจะบรรจุอินเวอร์เตอร์เกต แบบคอลเล็กเตอร์เปิดจำนวน 8 ตัว โดยสามารถใช้กับแรงดันสูงสุดได้ถึง 50 โวลต์ และให้กระแสเอาต์พุตได้สูงสุดในแต่ละขา 500 mA นอกจากนั้นยังมีไดโอดป้องกันไว้ที่ทุกขาของเอาต์พุต ทำให้สามารถต่อกับโหลดที่เป็นขดลวดได้ โดยจะทำหน้าที่ขับรีเลย์ ในการสั่งงานให้รีเลย์ทำงานนั้นต้องส่งลอจิก สูง ให้กับไอซี ULN2803 ที่ทางด้าน อินพุต ของไอซี เมื่อทางอินพุตของไอซีเป็นลอจิก สูง ทางเอาต์พุต ของไอซีจะเป็นลอจิก ต่ำ เพื่อนำไปขับรีเลย์ให้ทำงานจ่ายไฟให้แก่ปั๊ม (Pump) และฮีตเตอร์ (Heater)

รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะของ ULN 2803

2.2.2 การควบคุมระดับน้ำ

ในการควบคุมระดับน้ำจะใช้สวิตช์ควบคุมระดับน้ำ โดยสวิตช์ควบคุมระดับน้ำมีหลักกการทำงานคล้ายกับการทำงานของลูกลอย คือ เมื่อระดับน้ำถึงระดับที่ต้องการน้ำจะพลักให้ลูกลอยเคลื่อนที่ขึ้น โดยลูกลอยจะต่อกับแกนเหล็กและอีกด้านของแกนเหล็กต่อกับแม่เหล็ก จะเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสให้วงจรสามารถทำงานได้



รูปที่ 2.17 แสดงส่วนประกอบของสวิตช์ควบคุมระดับน้ำ

จากรูป (1) Rocker bar system คือ แท่งเหล็กที่เชื่อมกับลูกลอยและอีกด้านเชื่อมกับแท่ง แม่เหล็ก

(2) Magnet คือ แท่งแม่เหล็ก โดยจะมี 2 ขั้ว คือ ขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) เป็นตัวเหนียวนำหน้าสัมผัสให้เกิดการทำงานในการ เปิด – ปิด วงจร

(3) Reed contact คือ หน้าสัมผัส จะมีแผ่นโหละ 2 แผ่น ทำหน้าที่เป็นตัว เปิด – ปิด วงจร

(4) Magnet คือ แท่งแม่เหล็ก โดยจะมี 2 ขั้ว คือ ขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) ทำหน้าที่ ในการผลักและดูดแม่เหล็กอีกแท่ง เปรียบเสมือนสปริงคอยดึงแกนเหล็กให้กลับที่เดิม

(5) Float คือ ลูกลอย ทำมาจากพลาสติก หรืออาจทำมาจากทองเหลืองและสแตนเลส

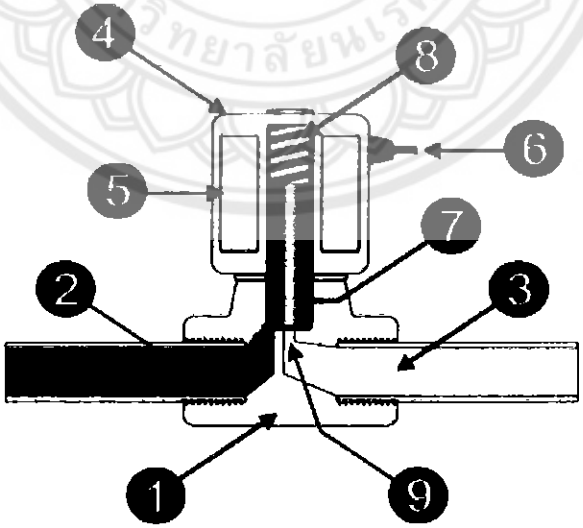
จากรูปที่ 2.17 เมื่อลูกลอย (Float) เคลื่อนที่ขึ้นจะทำให้แท่งแม่เหล็ก ซึ่งอยู่อีกด้านของลูกลอยเคลื่อนที่มาตรงกับบริเวณหน้าสัมผัสทำให้เกิดการเหนียวนำหน้าสัมผัส ทำให้แผ่นโหละ 2 แผ่นแตะกันทำให้วงจรทำงาน และเมื่อลูกลอย (Float) เคลื่อนที่ลงซึ่งจะทำให้แท่งแม่เหล็กก็เคลื่อนที่ออกจากบริเวณหน้าสัมผัส ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดการเหนียวนำหน้าสัมผัส คือ วงจรไม่ทำงาน

รูปที่ 2.18 แสดงตัวอย่างสวิตช์ควบคุมระดับน้ำ

สวิตช์ควบคุมระดับน้ำในปัจจุบันได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ มากมาย จึงมีการผลิตออกให้เลือกใช้งานมากมาย ซึ่งแต่ละรุ่น แต่ละยี่ห้อ จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน การเลือกใช้งานก็แล้วแต่ความเหมาะกับงานที่ใช้

2.2.3 ส่วนควบคุมการปล่อยน้ำและไอน้ำ

ในการควบคุมการปล่อยน้ำ คือ การควบคุมการปล่อยน้ำจากถังเก็บน้ำเข้าสู่หม้อต้มไอน้ำ (Boiler) และส่วนการควบคุมการปล่อยไอน้ำ คือ การควบคุมการปล่อยไอน้ำออกจากหม้อต้มไอน้ำ (Boiler) เพื่อไปผสมกับกาแฟ อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการปล่อยน้ำและไอน้ำจะใช้โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) ซึ่งเป็นวาล์วอีกชนิดหนึ่งควบคุมการงานโดยไฟฟ้า โดยมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.19 แสดงส่วนประกอบของโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve)

จากรูปหมายเลข ❶ คือ ตัววาล์ว อาจทำมาจาก ทองเหลือง สแตนเลส หรือวัสดุอื่นๆ

❷ คือ ทางน้ำเข้า มีหลายขนาดให้เลือกใช้ตามขนาดท่อและความเหมาะสม

❸ คือ ทางน้ำออก มีหลายขนาดให้เลือกใช้ตามขนาดท่อและความเหมาะสม

❹ คือ ชุดคอล์ยโซลินอยด์ คือ เป็นชุดควบคุมการทำงานในการ เปิด - ปิด วาล์ว

❺ คือ คอล์ย คือ ขดลวดใช้ในการเหนียวนำแกนคอล์ยในการ เปิด – ปิด วาล์ว

❻ คือ สายไปเข้า ขนาดไฟฟ้าที่ใช้มีให้เลือกหลายขนาด เช่น ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ หรือ 24 โวลต์ เป็นต้น

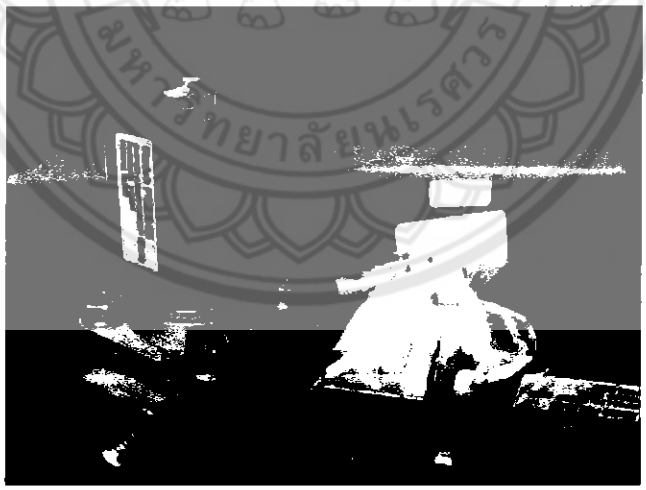
❼ คือ ลูกสูบ จะเคลื่อนที่ขึ้นเมื่อเกิดการเหนียวนำ ทำหน้าที่เหมือนประตูกันน้ำ

❽ คือ สปริง มีหน้าที่ในการผลักให้ลูกสูบอยู่ในตำแหน่งที่วาล์วปิด

❾ คือ ช่องทางน้ำออก

การทำงานของโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) คือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านคอล์ยจะเกิดการเหนี่ยวนำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น ซึ่งจะทำให้น้ำสามารถไหลผ่านได้ และเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านคอล์ยก็จะไม่เกิดการเหนี่ยวนำทำให้ลูกสูบก็เคลื่อนที่กลับที่เดิมโดยมีสปริงเป็นตัวผลัก

ปัจจุบันโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) ได้มีการผลิตจำนวนมาก มีหลากหลายรูป และคุณสมบัติเพราะได้รับความนิยมจากผู้ใช้ เป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้ และประสิทธิภาพการทำงานสูง



รูปที่ 2.20 แสดงตัวอย่างโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve)

ในการเลือกโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) จะต้องพิจารณาคุณสมบัติของตัววาล์วให้เหมาะสมกับงานที่ใช้ ซึ่งในแคตาล็อก (Catalog) สินค้าจะมีบอก เราก็เลือกตามความเหมาะสมในการใช้เปลี่ยน Seal ที่ทำมาจาก HNBR ซึ่งเป็นวัสดุทนความร้อนได้ถึง 150 °C จากเดิม 98 °C เป็น seal ที่ทำมาจากวัสดุ Buna

ก่อนสั่งซื้อสามารถเปลี่ยนองค์ประกอบภายในให้เข้ากันกับการใช้งาน ค่าแฟคเตอร์ C_v คือค่าตัวคูณปรับแก้ของอัตราการไหล ทนความดันไอน้ำได้ 8 บาร์ ทนแรงดันน้ำร้อนได้ 10 บาร์

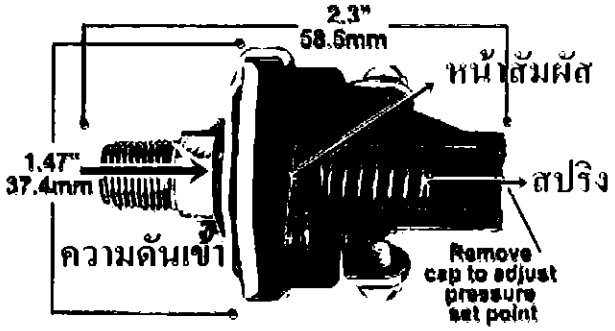
Pipe Size (in.)	Orifice Size (in.)	Operating Pressure Differential PSI Min. Press. Reqd	Maximum Steam	Maximum Hot Water	Cv Flow Factor	Maximum Fluid Temp. °F Steam	Maximum Fluid Temp. °F Hot Water	UL Listed	Watt Rating/ Class of Coil Insulation	Solenoid Valve Catalog Number	Solenoid Valve Price Each	Repair Kit Catalog Number	Repair Kit Price Each	Replacement Coil Catalog Number	Replacement Coil Price Each
Normally Closed (Closed when de-energized)															
1/4	5/32	0	110	110	0.52	344	210	•	10.1/H	8263G300	$128.00	302037	$60.00	238810-032-D	$130.00
3/8	5/32	0	110	110	0.52	344	210	•	10.1/H	8263G305	141.00	302037	60.00	238810-032-D	130.00
1/2	5/8	5	50	150	4	300	210	•	10.1/F	8220G003	142.00	310835	94.00	238610-032-D	66.00
1/2	5/8	5	125	150	4	353	210	•	10.1/H	8220G021	194.00	312712	77.00	238810-032-D	130.00
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	•	10.1/F	8220G005	149.00	310716	94.00	238610-032-D	66.00
3/4	3/4	5	125	150	5	353	210	•	10.1/H	8220G023	249.00	312702	77.00	238810-032-D	130.00
1	1	5	50	150	13.5	300	210	•	10.1/F	8220G007	329.00	304394	146.00	238610-032-D	66.00
1	1	5	125	150	13.5	353	210	•	10.1/H	8220G025	502.00	304392	210.00	238810-032-D	130.00
1 1/4	1 1/8	5	50	150	15	300	210	•	10.1/F	8220G009	335.00	304394	146.00	238610-032-D	66.00
1 1/4	1 1/8	5	125	150	15	353	210	•	10.1/H	8220G027	577.00	304392	210.00	238810-032-D	130.00
1 1/2	1 1/4	5	50	150	22.5	300	210	•	10.1/F	8220G011	435.00	304395	191.00	238610-032-D	66.00
1 1/2	1 1/4	5	125	150	22.5	353	210	•	10.1/H	8220G029	746.00	304393	259.00	238810-032-D	130.00

รูปที่ 2.21 แสดงตัวอย่างแคตาล็อก (Catalog) ของโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve)

จากรูป 2.22 จะแสดงคุณสมบัติของโซลินอด์ยวาล์ว (Solenoid valve) จะบอก วัสดุที่ใช้ ขนาดท่อ สัดส่วนการไหล สถานะของสาร อุณหภูมิใช้งาน และราคา ซึ่งแต่ละยี่ห้อก็จะแตกต่างกันออกไป

2.2.4 ส่วนควบคุมความดัน

ในการควบคุมความดันจะควบคุมความดันภายในตัวหม้อต้มไอน้ำ (Boiler) โดยจะใช้สวิตช์ความดัน (Pressure Switch) เป็นตัวควบคุม การทำงานของสวิตช์ความดัน (Pressure Switch) จะใช้หลักการของไดอะเฟรมควบคุมการทำงานของสวิตช์ คือ เมื่อมีความดันสูงเกินกว่าที่ตั้งไว้ ความดันก็จะไปผลักหน้าสัมผัสทำให้วงจรเกิดการทำงาน เมื่อความดันต่ำลงหน้าสัมผัสก็กลับมาต่ำแหน่งเดิมโดยมีสปริงเป็นตัวผลักทำให้วงจรไม่สามารถทำงาน



รูปที่ 2.22 แสดงขนาดและส่วนประกอบของสวิตช์ความดัน (Pressure Switch)

สวิตซ์ความดัน (Pressure Switch) สำหรับโครงงานของเราเลือกใช้สวิตช์ความดัน (Pressure Switch) ที่สามารถทำงานได้ในช่วงความดัน 1 – 10 บาร์ อุณหภูมิ -40 ถึง 121 องศาเซลเซียส ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์

รูปที่ 2.23 แสดงตัวอย่างสวิตช์ความดัน (Pressure Switch)

2.2.5 ส่วนควบคุมอุณหภูมิ

ส่วนควบคุมอุณหภมิเป็นส่วนที่รับคำสั่งจากส่วนควบคุมหลัก เพื่อคอยควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์ (Heater) อุปกรณ์ที่ใช้เป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิของหม้อต้มไอน้ำ (Boiler) เราเลือกใช้ตัว เทอร์มิสเตอร์ (Thermistors)

เทอร์มิสเตอร์ (Thermistors) มาจากคำว่า "Thermally sensitive variable resistor" ทำมาจากวัสดุตัวนำที่เหมือนกับเซรามิก อยู่ในรูปของออกไซด์ของแมงกานีส นิกเกิล และโคบอลต์ มีค่าความต้านทานจำเพาะในช่วง 100 ถึง 450,000 โอห์ม-เซนติเมตร ในเบื้องต้นสามารถประยุกต์ใช้งานสองอย่างคือ เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิสำหรับระบบการวัดและควบคุม และเป็นอุปกรณ์ตรวจจับกำลังงานไฟฟ้า

โดยปกติเทอร์มิสเตอร์ (Thermistors) จะแบ่งเป็น 2 ประเภทตามสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงความต้านทานต่ออุณหภูมิ ได้แก่

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติโดยทั่วไปของเทอร์มิสเตอร์ชนิด เอ็นทีซี ที่ใช้กันบ่อยๆ

ตัวแปร	ค่าโดยสรุป
ย่านของอุณหภูมิที่ทำการวัด	-100° C ถึง 450° C (ไม่ได้วัดโดยตัวเดียวกัน)
ความต้านทานที่ 25° C	0.5 Ω ถึง 100 MΩ
	1 kΩ ถึง 10 MΩ เป็นค่าโดยทั่วไป
	2000 K ถึง 5500 K

ตัวแปร	ค่าโดยสรุป
อุณหภูมิสูงสุด	> 125° C 300° C เป็นค่าปกติในสภาวะคงที่ 600° C เป็นค่าปกติเมื่อไม่สม่ำเสมอ
ค่าคงที่ในการสูญเสีย , δ	1 mW/K ในอากาศนิ่ง 8 mW/K ในน้ำมัน
เวลาคงที่ความร้อน	1 มิลลิวินาที ถึง 22 วินาที
การสูญเสียกำลังสูงสุด	1 มิลลิวัตต์ ถึง 1 วัตต์

1. ชนิด เอ็นทีซี เทอร์มิสเตอร์ชนิดนี้ผลิตได้โดยการผสมและเจือปนออกไซด์ของโลหะ เช่น นิกเกิล โคบอลต์ แมงกานีส เหล็ก และทองแดง แล้วอัดให้ติดกันเป็นก้อนแข็ง (sintering dope) กระบวนการนี้ทำให้สำเร็จได้เมื่อมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมในการผลิต เทอร์มิสเตอร์แบบนี้ใช้สำหรับการวัดและควบคุมอุณหภูมิ

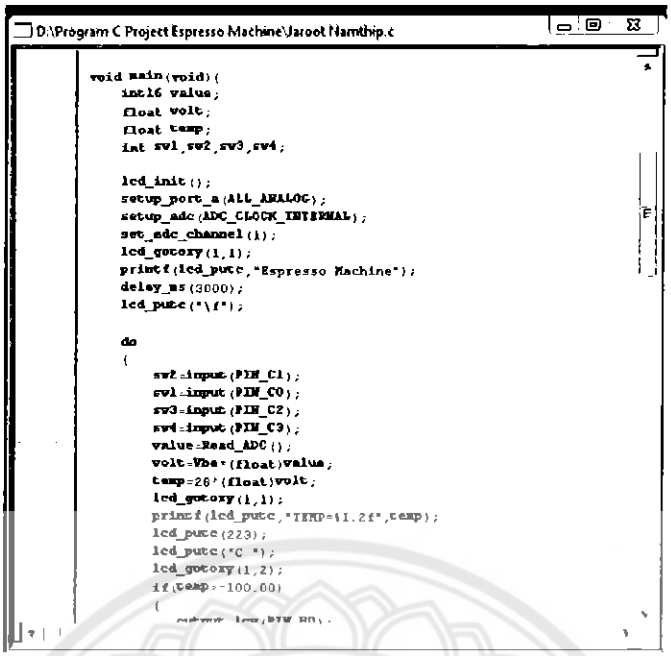
2. ชนิด พีทีซี อยู่ในรูปของสวิตชิ่ง พีทีซี ใช้แบเรียมไททาเนตเป็นฐานและเพิ่มตะกั่วหรือเซอร์โคเนียมไททาเนตลงไปปรับความไวในการสับเปลี่ยนอุณหภูมิที่จะวัด ส่วนเทอร์มิสเตอร์แบบพีทีซี ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิจริงๆ และใช้ซิลิคอนเป็นธาตุตั้งต้นในการเจือปน เทอร์มิสเตอร์แบบนี้มักจะนำไปประยุกต์ใช้ในการป้องกันแรงเคลื่อนหรือกระแสเกินค่าปกติในวงจรไฟฟ้า

2.2.6 โปรแกรมเขียนการควบคุมการทำงาน

การที่จะให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานตามที่ต้องการได้ต้องมีการเขียนโปรแกรมป้อนเข้าไป โปรแกรมที่ใช้ในการเขียนเป็นการเขียนภาษาซีเป็นพื้นฐานหลักโปรแกรมที่ใช้มีอยู่ด้วยกัน 3 โปรแกรม

2.2.6.1 MPLAB

เป็นโปรแกรมแรกที่ต้องใช้ในการเขียนโปรแกรมการทำงาน เป็นการเขียนด้วยภาษาซีเป็นหลัก หลังจากเขียนเสร็จแล้ว ทำการคอมไฟล์ไฟล์ก็จะได้ไฟล์นามสกุล .HEX ที่สามารถป้อนให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถดาวน์โหลดได้ที่ www.microchip.com

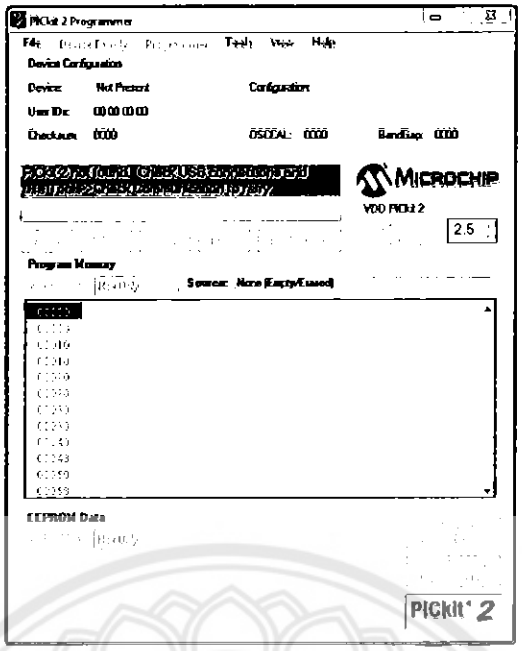


Jaroot Namthip.HEX
HEX File
7 KB

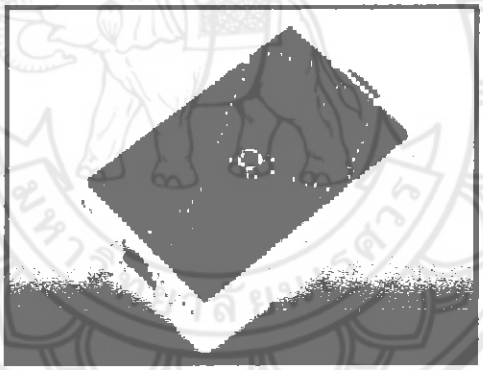
รูปที่ 2.24 เขียนโปรแกรมทำการคอมไพล์ได้ไฟล์นามสกุล . HEX

2.2.6.2 โปรแกรม PICKIT

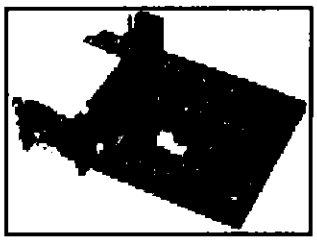
โปรแกรมสำหรับการป้อนไฟล์นามสกุล .HEX เข้าสู่ตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่ต้องมีอุปกรณ์ตัวหนึ่งที่มีชื่อว่า ET-PGM PIC USB **เป็นอุปกรณ์ต่อพ่วงคอมพิวเตอร์กับ** adarter **โดยที่ Adarter เป็นตัวอุปกรณ์ต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถดาวห์โหลดได้ที่** www.microchip.com



รูปที่ 2.25 โปรแกรม PICKIT เตรียมการป้อนไฟล์นามสกุล . HEX



รูปที่ 2.26 อุปกรณ์ต่อพ่วง ET-PGM PIC USB



รูปที่ 2.27 Adarter

2.2.6.3 โปรแกรม Proteus

เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยบริษัท แล็บเซ็นเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด ที่ประเทศอังกฤษ สามารถจำลองการทำงานของวงจร ไม่ว่าจะเป็นอนาล็อกและแบบดิจิตอล หรือทั้งแบบอนาล็อกและดิจิตอลผสมกัน จุดเด่นของโปรแกรม Proteus ที่เป็นนิยมและชื่นชอบก็คือ การจำลองการทำงานที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทุกตระกูล ทำให้นักเขียนโปรแกรมหรือโปรแกรมเมอร์สามารถตรวจสอบได้ว่าซอสโค้ด ที่เขียนขึ้นมา สามารถสนับสนุนกับวงจรฮาร์ดแวร์ได้หรือไม่ ถ้าโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาไม่สนับสนุนกับวงจรฮาร์ดแวร์ที่ต่อ โปรแกรมเมอร์จะสามารถทำการเขียนขึ้นใหม่ หรือปรับปรุงวงจรฮาร์ดแวร์ในโปรแกรม จนกว่าโปรแกรมที่เขียนขึ้นและฮาร์ดแวร์ที่ต่อ สามารถสนับสนุนซึ่งกันและกัน ในโครงงานนี้เป็นรุ่นทดลองใช้ สามารถดาวน์โหลดได้ที่

www.labenter.co.uk/download/prodemo_autodl_general.cfm

2.3 เครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่ผลิตจากผู้ผลิตต่างๆ

เครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่ได้มีการผลิตออกมาสู่ตามท้องตลาดทั่วไป หรือมีการนำเข้าจากต่างประเทศ มีหลากหลายยี่ห้อ และมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน จึงทำการเปรียบเทียบดังตาราง**ที่** 2.3

ตารางที่ 2. 6 การเปรียบเทียบเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่ผลิตจากผู้ผลิตต่างๆ

ยี่ห้อ / รุ่น	ความจุหม้อต้ม (ลิตร)	ความจุอังเก็บน้ำ (ลิตร)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ปั๊ม		ระบบควบคุม	ราคา (บาท)
				ชนิด	ความดัน (Bar)		
Magic Coffee 107 CL	0.22	2.5	1,200	N/A	15	N/A	19,000
Demoka : M-365I Cafetera Minimoka inox	0.23	2	800	Vibration	16	N/A	19,000
Spidem Mod.Villa Black	N/A	1.7	1,250	N/A	15	N/A	28,500
Bezzera รุ่น Hobby	0.30	3	1,100	N/A	15	N/A	22,500
Bezzera รุ่น BZ07	1.5	3	1,200	N/A	15	N/A	49,000
Bezzera รุ่น Ellisse 1 Gr PM	5	N/A	2,850	Rotary	N/A	N/A	88,500
Bezzera รุ่น Ellisse	11	N/A	N/A	Rotary	N/A	N/A	140,000

ยี่ห้อ / รุ่น	ความจุหม้อต้ม (ลิตร)	ความจุถังเก็บน้ำ (ลิตร)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ปั๊ม		ระบบควบคุม	ราคา (บาท)
				ชนิด	ความดัน (Bar)		
Rancilio รุ่น Silvia	0.36	2	1,100	N/A	17	N/A	31,500
Rancilio รุ่น Epoca S1 Tank	3.9	2	1,850	Vibration	N/A	N/A	100,000
Rancilio รุ่น Epocae E1	3.9	N/A	1,850	Rotary	N/A	N/A	130,000
Rancilio รุ่น Epoca S2	11	N/A	4,300	Rotary	N/A	N/A	135,000
Nuova Simonelli Oscar	1.3	2.3	1,200	N/A	15	N/A	32,500
Nuova Simonelli รุ่น Premier Maxi	9	N/A	2,700	N/A	N/A	N/A	180,000
Astoria compack CKX	2.2	N/A	N/A	Rotary Vibration	15	Thermostat	50,400
Crem รุ่น G1	6	N/A	1,500	Rotary	N/A	N/A	79,000
Ready Espresso 420CL,420DA	2	5	1,600	N/A	N/A	N/A	74,000
Seaco Gran Crema	N/A	2	1,050	N/A	15	N/A	9,000
Saeco Incanto Silver	N/A	2	1,250	N/A	15	N/A	47,000
Acaso : C.Duo Professional	N/A	2	1,800	Vibration	16	N/A	39,500
Acaso : C.Trio Professional	1.5	2	1,800	Vibration	16	N/A	59,800
La Rocca Verova Expres V1	4	N/A	N/A	Rotary	17	Thermostat	70,000

ยี่ห้อ / รุ่น	ความจุหม้อต้ม (ลิตร)	ความจุถังเก็บน้ำ (ลิตร)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ปั๊ม		ระบบควบคุม	ราคา (บาท)
				ชนิด	ความดัน (Bar)		
Expobar : Megacrem Minicontrol 1 GR	6	N/A	2,850	N/A	8-10	N/A	89,000
Expobar : MC Nonroc Control 2 GR.GREY	11.5	ต่อน้ำเข้าโดยตรง	2,700	N/A	8-10	N/A	116,500
Italcrem : IT4 ElectronIC 2GR	13	ต่อน้ำเข้าโดยตรง	3,500	โวลุ่มเมตริกปั๊ม	8-10	N/A	215,500
Faema : Emblema A3 L.TUV	17.5	ต่อน้ำเข้าโดยตรง	7,700	โวลุ่มเมตริกปั๊ม	8-10	N/A	629,000

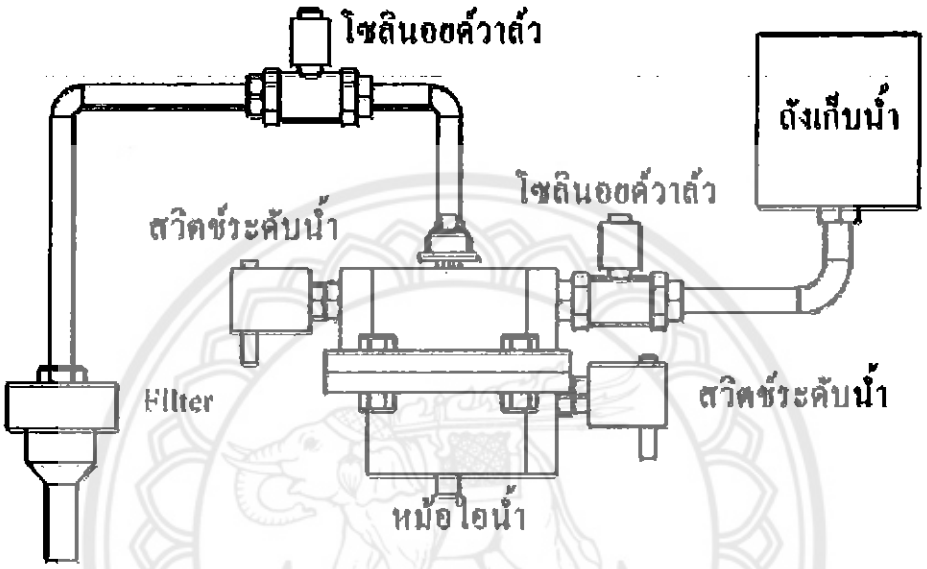
จากตาราง 2.6 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติและราคาของเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่ จะเห็นว่าคุณสมบัติของเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่แต่ล่ะยี่ห้อ จะมีคุณสมบัติและราคาที่แตกต่าง เครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่ที่มีราคาสูง พบว่าจะมีขนาดของความจุหม้อต้มที่มาก เพราะความจุของหม้อต้มที่มากจะทำให้ได้ปริมาณไอน้ำสำหรับการชงกาแฟที่มากขึ้น ซึ่งจะทำให้ได้จำนวนแก้วที่ชงได้ต่อครั้งที่มากตามไปด้วย

สาเหตุบางส่วนที่ทำให้เครื่องกาแฟแบบเอสเพรสโซ่ที่มีราคาที่สูงอาจมาจากการนำเข้าตัวเครื่องหรือวัสดุ อุปกรณ์จากต่างประเทศ

บทที่ 3

ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

อุปกรณ์ประกอบ(Hardware) เครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่ เราจะแบ่งการพิจารณาออกแบบเป็น 3 ส่วน หน่วยการจ่ายน้ำ , หน่วยการต้มน้ำและหน่วยการจ่ายไอน้ำ



รูปที่ 3.1 ภาพการออกแบบระบบการทำงานเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่

3.1 หน่วยการจ่ายน้ำ

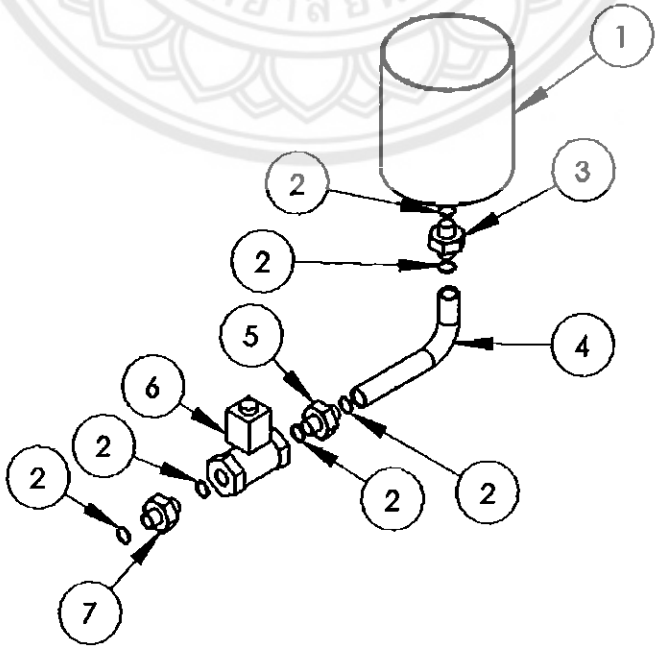
การจ่ายน้ำเริ่มจากการจ่ายจากถังเก็บน้ำเข้าสู่หม้อต้ม โดยอาศัยหลักการไหลของน้ำจากที่สูงไหลลงสู่ที่ต่ำตามแรงโน้มถ่วงของโลก

3.1.1 ส่วนประกอบของระบบจ่ายน้ำ

ส่วนประกอบของระบบจ่ายน้ำจะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ตามตารางที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของหน่วยจ่ายน้ำ

หมายเลข	ชื่อ	หน้าที่
1	ถังเก็บน้ำ	ภาชนะสำหรับเก็บน้ำเพื่อเตรียมการปล่อยน้ำลงท่อเข้าสู่หม้อไอน้ำ
2	seal	เป็นยางกันรั่วของการต่อท่อน้ำทนความร้อนได้ 120 องศาเซลเซียส
3	ข้อต่อ (ข้อต่อถังเก็บน้ำ)	เป็นข้อต่อลักษณะเกลียวนอก โดยเชื่อมระหว่างถังเก็บน้ำกับท่องอ
4	ท่องอ	เป็นท่อน้ำงอตัว 90 องศา ลำเลียงน้ำไหลเข้าหม้อไอน้ำ
5	ข้อต่อ (โซลินอยด์วาล์ว)	เป็นข้อต่อลักษณะเกลียวนอก โดยเชื่อมระหว่างท่องอกับโซลินอยด์วาล์ว
6	โซลินอยด์วาล์ว	อุปกรณ์เปิดปิดการปล่อยน้ำ
7	ข้อต่อ (ทางเข้าหม้อไอน้ำ)	เป็นข้อต่อลักษณะเกลียวนอก โดยเชื่อมระหว่างโซลินอยด์วาล์ว กับหม้อต้มไอน้ำ (Boiler)



รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบของหน่วยจ่ายน้ำ

3.1.2 การคำนวณอัตราการไหลของน้ำ

จากสมการที่ 2.1 กำหนดให้ไม่คิดพลังงานศักย์ที่ตำแหน่งอ้างอิง ไม่คิดพลังงานจลน์ที่เกิดจากการลดลงของระดับน้ำในถังเก็บน้ำ ความดันที่ผิวน้ำและความดันในหม้อไอน้ำเป็นความดันบรรยากาศมีค่าเท่ากัน

$$Z_1 - Z_{ref} = h_{loss,f} + h_{loss,m} + \frac{\bar{V}_{ref}^2}{2g} \qquad 3.1$$

Z_1 = ความสูงของน้ำของถังเก็บน้ำจนถึงตำแหน่งอ้างอิง มีหน่วย m

Z_{ref} = ความสูงของน้ำของหม้อไอน้ำจนถึงตำแหน่งอ้างอิง มีหน่วย m

$h_{loss,f}$ = เฮดสูญเสียเนื่องจากการไหลในท่อ มีหน่วย m

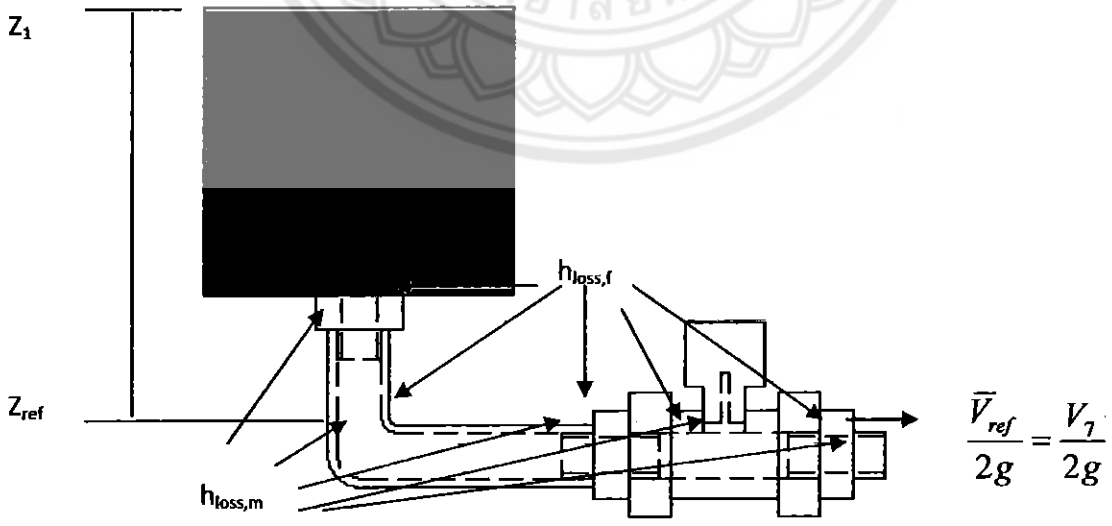
$h_{loss,m}$ = เฮดสูญเสียรองเนื่องจากการไหลผ่าน ข้อต่อ ท่องอและวาล์ว มีหน่วย m

$\bar{V}_{ref}^2$ = ความเร็วของน้ำที่ทางออกของท่อ มีหน่วย m/s

กำหนดความเร็วน้ำที่ตำแหน่งอ้างอิงเท่ากับความเร็วของน้ำที่ตำแหน่งข้อต่อที่ทางเข้าหม้อไอน้ำ

$$\bar{V}_{ref} = V_7$$

พิจารณาเฮดสูญเสียหลักและเฮดสูญเสียรองของอุปกรณ์หน่วยจ่ายน้ำจากสมการที่ 2.4 และ 2.5 กำหนดให้อัตราการไหลเชิงปริมาตรเท่ากันตลอดหน่วยจ่ายน้ำ



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งพิจารณาการคำนวณอัตราการไหล

พิจารณาจากรูปที่ 3.4 ลำดับการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ในหน่วยการจ่ายน้ำ โดยหมายเลข 3 , 5 และ 7 คือ ข้อต่อท่อ หมายเลข 4 คือ ท่องอ โดยที่คิดความยาวท่อเป็นความยาวสมมูล (เสมือนคิดว่า ท่อที่งออยู่ทำท่อให้อยู่ในแนวตรงและทำการวัดความยาว) และ หมายเลข 6 คือ โซลินอยด์วาล์ว ซึ่งมีขนาดและความยาวของแต่ละชิ้นส่วนต่อไปนี้

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางข้อต่อ $D_3 = D_5 = D_7 = 10.5\,mm$

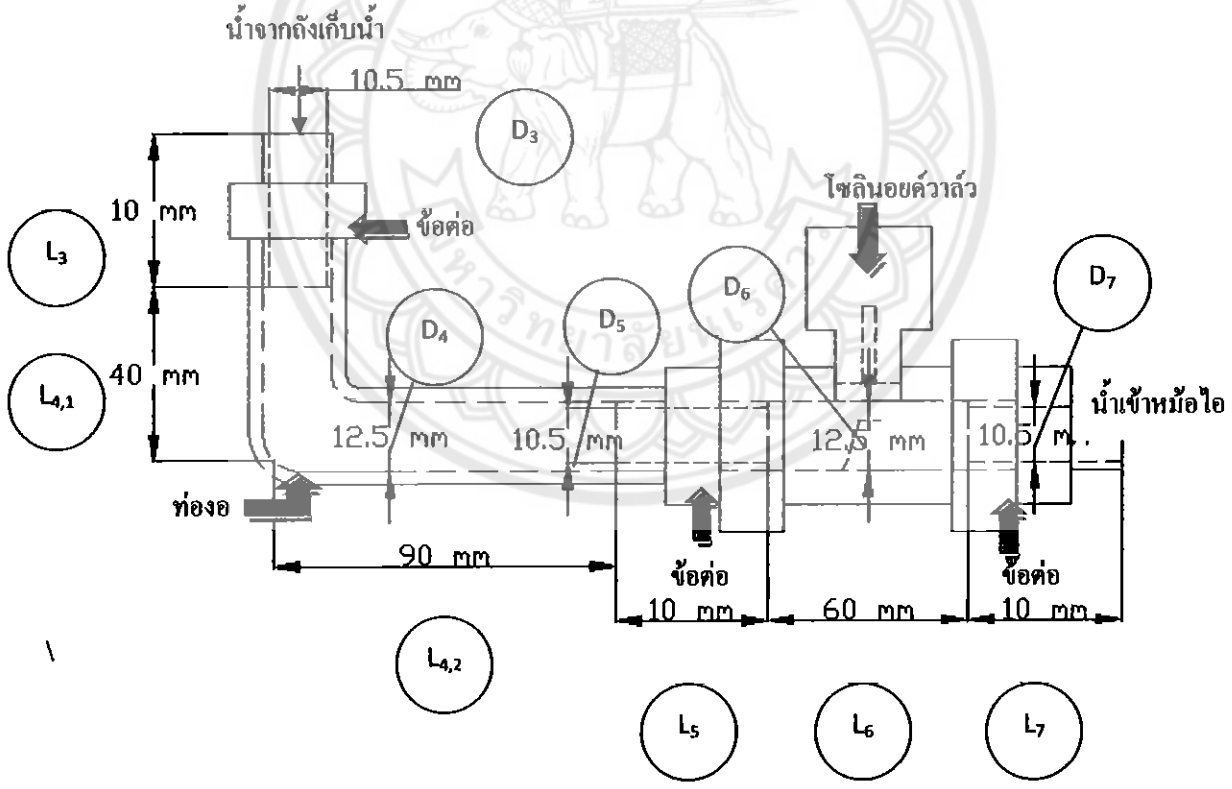
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่องอ $D_4 = 12.5\,mm$

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโซลินอยด์ $D_6 = 12.5\,mm$

ความยาวข้อต่อ $L_3 = L_5 = L_7 = 30\,mm$

ความยาวท่องอ $L_4 = L_{4,1} + L_{4,2} = 130\,mm$

ความยาวข้อต่อ $L_7 = 60\,mm$



รูปที่ 3.4 ส่วนประกอบหน่วยท่อจ่ายน้ำ

คำนวณเฮดสูญเสียหลักและเฮดสูญเสียรองที่เกิดขึ้นในท่อจ่ายน้ำมาแทนในสมการ 2.4 และ 2.5 ได้

$$h_{lossf} = \left[f_3 \times \frac{L_3}{D_3} \times \frac{V_3^2}{2g}\right]_{\text{ข้อต่อ}} + \left[f_4 \times \frac{L_4}{D_4} \times \frac{V_4^2}{2g}\right]_{\text{ท่องอ}} + \left[f_5 \times \frac{L_5}{D_5} \times \frac{V_5^2}{2g}\right]_{\text{ข้อต่อ}} + \left[f_6 \times \frac{L_6}{D_6} \times \frac{V_6^2}{2g}\right]_{\text{โรตินอยด์}} + \left[f_7 \times \frac{L_7}{D_7} \times \frac{V_7^2}{2g}\right]_{\text{ข้อต่อ}} \quad (3.2)$$

$$h_{loss,m} = \left[K_3 \times \frac{V_3^2}{2g}\right]_{\text{ข้อต่อ}} + \left[K_4 \times \frac{V_4^2}{2g}\right]_{\text{ท่องอ}} + \left[K_5 \times \frac{V_5^2}{2g}\right]_{\text{ข้อต่อ}} + \left[K_6 \times \frac{V_6^2}{2g}\right]_{\text{โรตินอยด์}} + \left[K_7 \times \frac{V_7^2}{2g}\right]_{\text{ข้อต่อ}} \quad (3.3)$$

อุณหภูมิน้ำ ณ อุณหภูมิห้องเท่ากับ 30 °C (γ = 9810 N/ m^3) ท่อและข้อต่อแต่ละชิ้นผลิตจากเหล็กกล้าทั่วไป (เหล็กเหนียว wrought iron) มีค่าความขรุขระ (ε = 0.046 mm) คำนวณแรงเสียดทาน จาก Relative roughness (r)

$$r_{\text{ข้อต่อ}} = \frac{\varepsilon_3}{D_3} = \frac{0.046}{10.5} = 0.004381$$

$$r_{\text{ท่องอ}} = \frac{\varepsilon_4}{D_4} = \frac{0.046}{12.5} = 0.003680$$

$$r_{\text{ข้อต่อ}} = \frac{\varepsilon_5}{D_5} = \frac{0.046}{10.5} = 0.004381$$

$$r_{\text{โรตินอยด์}} = \frac{\varepsilon_6}{D_6} = \frac{0.046}{12.5} = 0.003680$$

$$r_{\text{ข้อต่อ}} = \frac{\varepsilon_7}{D_7} = \frac{0.046}{10.5} = 0.004381$$

คำนวณสัมประสิทธิของแรงเสียดทานจากแผนภาพ Moodychart รูปที่ 2.2

$$f_{\text{ข้อต่อ}} = 0.032$$

$$f_{\text{ท่องอ}} = 0.028$$

$$f_{\text{ข้อต่อ}} = 0.032$$

$$f_{\text{โรตินอยด์}} = 0.028$$

$$f_{\text{ข้อต่อ}} = 0.032$$

คำนวณสัมประสิทธิ์การสูญเสีย K จากตารางที่ 2.1

ข้อต่อท่อ แทน ข้อต่อยูเนียน $K_{ข้อต่อ} = K_3=K_5=K_7 = 0.08$

ท่องอ 90 องศา แทน ข้องอ 90 องศา แบบเกลียว $K_{ท่องอ} = K_4 = 1.5$

โซลินอยด์วาล์ว แทน โกลบวาล์ว $K_{โซลินอยด์} = K_6 = 10$

แทนค่าแรงเสียดทาน สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานและสัมประสิทธิ์การสูญเสียลงในสมการ 3.2 และ 3.3

$$h_{loss,f} = \left[0.0914 \times \frac{V_3^2}{2g}\right] + \left[0.2912 \times \frac{V_4^2}{2g}\right] + \left[0.0914 \times \frac{V_5^2}{2g}\right] + \left[0.1344 \times \frac{V_6^2}{2g}\right] + \left[0.0914 \times \frac{V_7^2}{2g}\right]$$

$$h_{loss,m} = \left[0.08 \times \frac{V_3^2}{2g}\right] + \left[1.5 \times \frac{V_4^2}{2g}\right] + \left[0.08 \times \frac{V_5^2}{2g}\right] + \left[10 \times \frac{V_6^2}{2g}\right] + \left[0.08 \times \frac{V_7^2}{2g}\right]\backslash$$

คำนวณค่าเฮดสูญเสียรวม

$$h_{loss,f} + h_{loss,m} = \left[0.171 \times \frac{V_1^2}{2g}\right] + \left[1.791 \times \frac{V_2^2}{2g}\right] + \left[0.171 \times \frac{V_3^2}{2g}\right] + \left[10.1344 \times \frac{V_4^2}{2g}\right] + \left[0.171 \times \frac{V_5^2}{2g}\right]$$

ระดับความสูงระหว่างถังเก็บน้ำและท่อทางเข้าในหม้อต้ม (Z_1-Z_{ref}) มีค่าเท่ากับ 170 mm

นำค่าเฮดสูญเสียรวมมาแทนในสมการที่ 3.1

$$0.17 = \left[0.171 \times \frac{V_3^2}{2g}\right] + \left[1.791 \times \frac{V_4^2}{2g}\right] + \left[0.171 \times \frac{V_5^2}{2g}\right] + \left[10.1344 \times \frac{V_6^2}{2g}\right] + \left[0.171 \times \frac{V_7^2}{2g}\right] + \frac{V_7^2}{2g}$$

$$0.17 \times 2g = \left[0.171 \times V_3^2\right] + \left[1.791 \times V_4^2\right] + \left[0.171 \times V_5^2\right] + \left[10.1344 \times V_6^2\right] + \left[1.171 \times V_7^2\right]$$

$$3.34 = \left[0.171 \times V_3^2\right] + \left[1.791 \times V_4^2\right] + \left[0.171 \times V_5^2\right] + \left[10.1344 \times V_6^2\right] + \left[1.171 \times V_7^2\right]$$

$$3.34 = V_3^2 \times \left[[0.171] + \left[1.791 \times \frac{V_4^2}{V_3^2}\right] + \left[0.171 \times \frac{V_5^2}{V_3^2}\right] + \left[10.1344 \times \frac{V_6^2}{V_3^2}\right] + \left[1.171 \times \frac{V_7^2}{V_3^2}\right]\right]$$

กำหนดให้อัตราการไหลมีค่าเท่ากันตลอดหน่วยจ่ายน้ำ

$$V_3A_3 = V_4A_4 = V_5A_5 = V_6A_6 = V_7A_7$$

$$\left[\frac{V_4}{V_3}\right]^2 = \left[\frac{A_3}{A_4}\right] = \left[\frac{D_3}{D_4}\right]^2$$

$$\left[\frac{V_4}{V_3}\right]^2 = \left[\frac{D_3}{D_4}\right]^4 = \left[\frac{10.5}{12.5}\right]^4 = 0.4978$$

$$\left[\frac{V_5}{V_3}\right]^2 = \left[\frac{D_3}{D_5}\right]^4 = \left[\frac{10.5}{10.5}\right]^4 = 1$$

$$\left[\frac{V_6}{V_3}\right]^2 = \left[\frac{D_3}{D_6}\right]^4 = \left[\frac{10.5}{12.5}\right]^4 = 0.4978$$

$$\left[\frac{V_7}{V_3}\right]^2 = \left[\frac{D_3}{D_7}\right]^4 = \left[\frac{10.5}{10.5}\right]^4 = 1$$

$$3.34 = V_3^2 \times [[0.171] + [1.791 \times 0.4978] + [0.171 \times 1] + [10.1344 \times 0.4978] + [1.171 \times 1]]$$

$$V_3^2 = \frac{3.34}{7.44} = 0.45 \qquad V_3 = 0.671\ m/s^2$$

คำนวณอัตราการไหลเชิงปริมาตร

$$\dot{V}_3 = V_3A_3 = 0.671 \times \left[\frac{\pi}{4} \times \left(0.0105^2\right)\right] = 5.81 \times 10^{-5} = 58.1 ml/s$$

จากคำตอบที่ได้นั้นแสดงถึงการไหลของน้ำจากถังเก็บน้ำสูงจนถึงหม้อไอน้ำ โดยที่น้ำไหลอย่างคงที่มีค่าเท่ากับ 58.1 ml/s

3.1.3 การเปรียบเทียบกับกรณีที่ใช้ปั๊มน้ำ

การเปรียบกับการใช้ปั๊มน้ำ จะเปรียบเทียบกับปั๊มน้ำที่ใช้กับเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่ท้องตลาดทั่วไป ดังรูปที่ 3.5

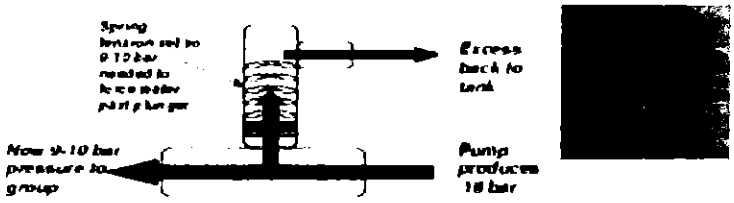
รูปที่ 3.5 ปั๊มน้ำเครื่องชงกาแฟตามแคตาล็อก

จากตารางที่ 3.2 ปั๊มน้ำเป็นระบบจ่ายน้ำให้แก่หม้อไอน้ำอีกอย่างหนึ่งของเครื่องชงกาแฟทั่วไป ปั๊มน้ำของเครื่องชงสามารถเลือกซื้อได้ตามแคตาล็อก ต้องพิจารณาปั๊มน้ำว่ามีอัตราการไหลเท่าใด จากตาราง 3.2 จะเห็นว่าปั๊มน้ำที่เลือกไว้ยี่ห้อ ULKA โดยต้องใช้อุปกรณ์คู่กับปั๊มน้ำคือ Over pressure value (OPV) คือ อุปกรณ์จำกัดความดันของปั๊มน้ำและอัตราการไหลของน้ำ จะเห็นว่าอัตราการไหลจะน้อยกว่าการปล่อยน้ำจากถังเก็บน้ำตามความดันที่ตั้งค่าไว้กับวาล์ว เมื่อต่อเข้ากับ Over pressure value (OPV)

ตารางที่ 3.2 สเปกของปั๊มน้ำยี่ห้อ ULKA

รุ่น	ความดันเฉลี่ย(bar)	อัตราไหลสูงสุด(ml/s)
E4	15	10.83
E4R	9	5.83
E5D	15	11.66
EK	15	12
E8	2.5	20
E8S	15,5	20
E8R	2	18.33

จากรูปที่ 3.6 Over pressure value มีหลักการทำงาน เมื่อเราตั้งค่าความดันที่ต้องการปล่อยออกจากวาล์วให้กับหม้อไอน้ำมีอัตราการไหลออกมาน้อยกว่าก่อนเข้าวาล์ว เพื่อต้องการลดความดันจากปั๊มน้ำ โดยน้ำส่วนหนึ่งถูกไหลย้อนกลับเข้าแท็งก์น้ำ



รูปที่ 3.6 อุปกรณ์จำกัดความดัน เมื่อความดันเกินก็ปล่อยลงสู่แท็งก์น้ำ

เมื่อเปรียบเทียบกรณีที่ใช้ปั๊มกับกรณีที่ใช้ถังเก็บน้ำ ดังตารางพบว่าต่างมีข้อดีที่ไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้

ตารางที่ 3.3 การเปรียบเทียบระหว่างถังเก็บน้ำสูงและปั๊มน้ำ

ถังเก็บน้ำ	ปั๊มน้ำ
ใช้พลังศักย์ในการจ่ายน้ำ	ใช้กำลังจากไฟฟ้ามาเป็นกำลังเชิงกลในการจ่ายน้ำ
มีอัตราการไหลสูงสุดที่ 58.1 ml/s	อัตราการไหลแต่ละขี่ห้องของปั๊มมีน้อยกว่าปล่อยน้ำจากถังเก็บน้ำ
ไม่มีวาล์ว OPV	มีวาล์ว OPV
ความดันขึ้นอยู่กับระดับน้ำในถังเก็บน้ำและความสูงของระดับน้ำจนถึงจุดปล่อยน้ำที่ทางเข้าหม้อไอน้ำ	ปั๊มผลิตความดันได้สูงกว่าถังเก็บน้ำมากสามารถต้มน้ำที่ความดันสูงๆได้

3.2 หม้อต้มไอน้ำ (Boiler)

หม้อต้ม (Boiler) เป็นอุปกรณ์ที่จะรับน้ำจากถังเก็บน้ำแล้วทำหน้าที่เป็นภาชนะในการต้มเพื่อที่จะได้ไอน้ำออกมา โดยออกแบบให้มีขนาด 1 ลิตร

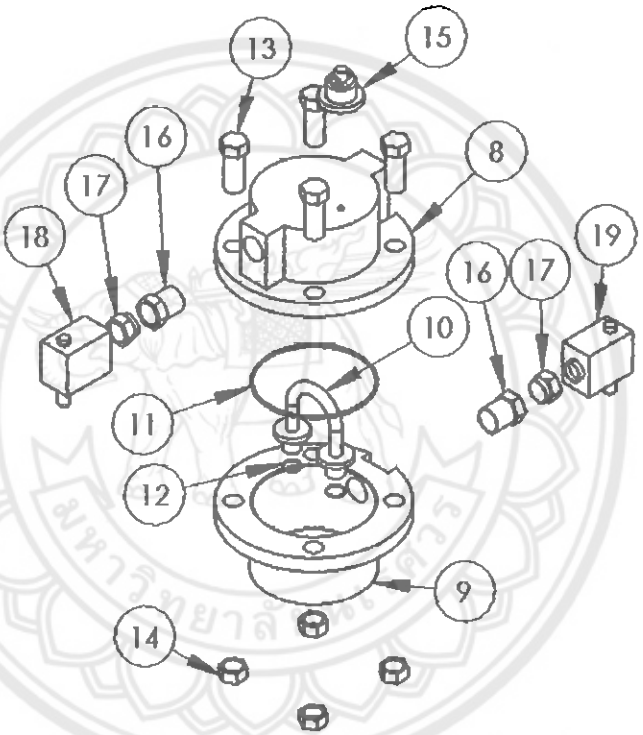
3.2.1 ส่วนประกอบหม้อต้มไอน้ำ (Boiler)

ส่วนประกอบของหม้อต้มประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ส่วนประกอบต่างๆของหม้อไอน้ำ (Boiler)

หมายเลข	ชื่อ	หน้าที่
8	หม้อต้มไอน้ำส่วนบน	ออกแบบให้มีช่องสำหรับให้ไอน้ำออก และช่องสำหรับสวิตช์ความดัน
9	หม้อต้มไอน้ำส่วนล่าง	ออกแบบให้มีช่องสำหรับใส่ฮีตเตอร์
10	ฮีตเตอร์	อุปกรณ์ต้มน้ำซึ่งมีกำลังไฟ 3500 W
11	O-ring หม้อไอน้ำ	ทำมาจากซิลิโคนซึ่งทนความร้อนได้สูงสุดอยู่ที่ 300 องศาเซลเซียส ป้องกันรั่วซึมออกจากหม้อไอน้ำ
12	Seal ฮีตเตอร์	ทำมาจากซิลิโคนซึ่งทนความร้อนได้สูงสุดอยู่ที่ 300 องศาเซลเซียส ป้องกันรั่วซึมออกจากรอยต่อของฮีตเตอร์
13	Bolt	น็อตตัวผู้ที่ทำมาจากเหล็กหล่อสวมกับรูเกลียว 4 รู รอบหม้อไอน้ำ
14	Nuts	น็อตตัวเมียที่ทำมาจากเหล็กหล่อสวมกับน็อตตัวผู้
15	สวิตช์ความดัน	อุปกรณ์ควบคุมความดันในหม้อไอน้ำ
16	ข้อต่อนอก	เป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อระหว่างหม้อต้มไอน้ำ (Boiler) กับข้อต่อใน
17	ข้อต่อใน	เป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อระหว่างข้อต่อ (ทางออกหม้อต้มไอน้ำ) กับตัวสวิตช์ระดับน้ำ
18	สวิตช์ระดับน้ำ (วัดระดับน้ำเพิ่มเกิน)	อุปกรณ์ที่วัดระดับที่เพิ่มขึ้นไม่ให้มากกว่าระดับที่อุปกรณ์ติดตั้งไว้

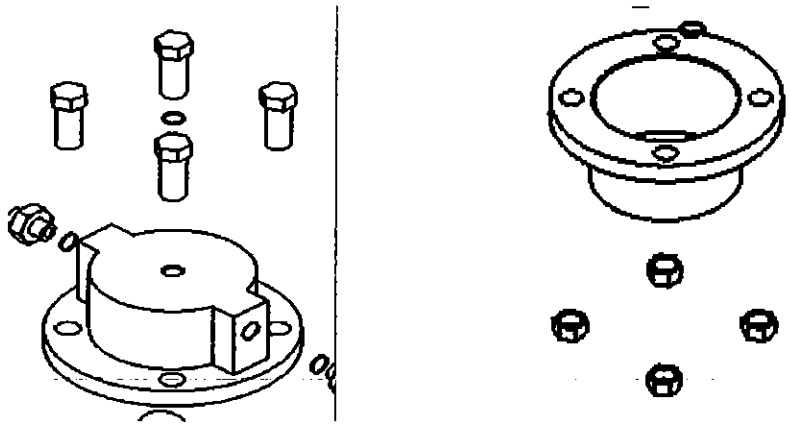
หมายเลข	ชื่อ	หน้าที่
19	สวิตช์ระดับน้ำ (วัดระดับน้ำลดเกิน)	อุปกรณ์ที่วัดระดับน้ำที่ลดลงไม่ให้ต่ำกว่าระดับที่อุปกรณ์ติดตั้งไว้ ป้องกันระดับที่น้อยเกินอาจส่งผลเสียหายแก่ฮีตเตอร์



รูปที่ 3.7 ส่วนประกอบหม้อต้มไอน้ำ (Boiler)

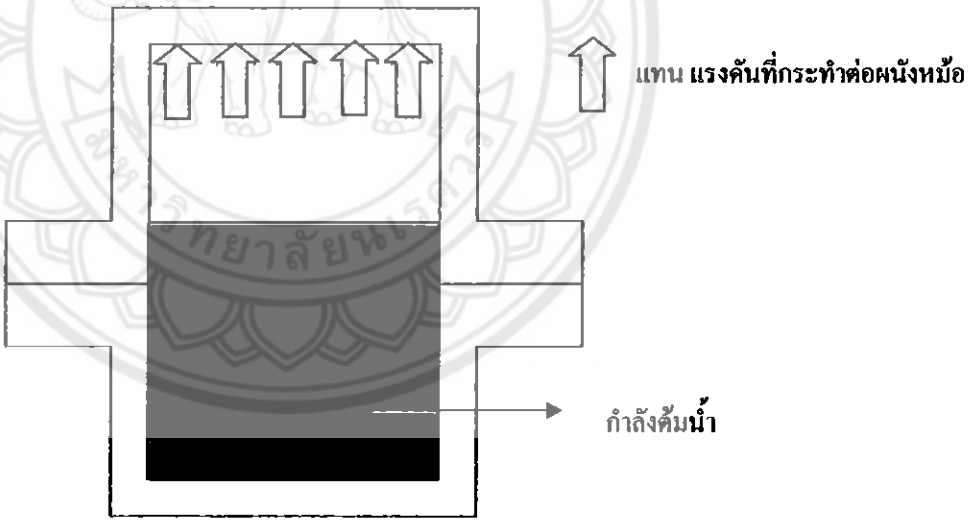
3.2.2 การคำนวณหาแรงยึดฝาหม้อต้มไอน้ำ

เราใช้ Bolt และ Nuts จับยึดชิ้นงานให้แน่น และสามารถถอดประกอบได้ จากรูป 3.8 หม้อไอน้ำถูกยึดด้วย Bolt กับ Nuts โดยการประกอบใส่ Bolt สวมเข้าไปก่อนและนำ Nuts มาสวมเข้ากับ Bolt โดยออกแรงขันที่ Nuts ให้แน่นโดยใช้ประแจปอนด์



รูปที่ 3.8 การยึดด้วย Bolt และ Nuts

จากรูป 3.9 ในหม้อได้ต้มน้ำที่ความดัน 1.2 atm กำหนดค่า safety factor เป็น 3 เท่า หรือ 3.6 บาร์



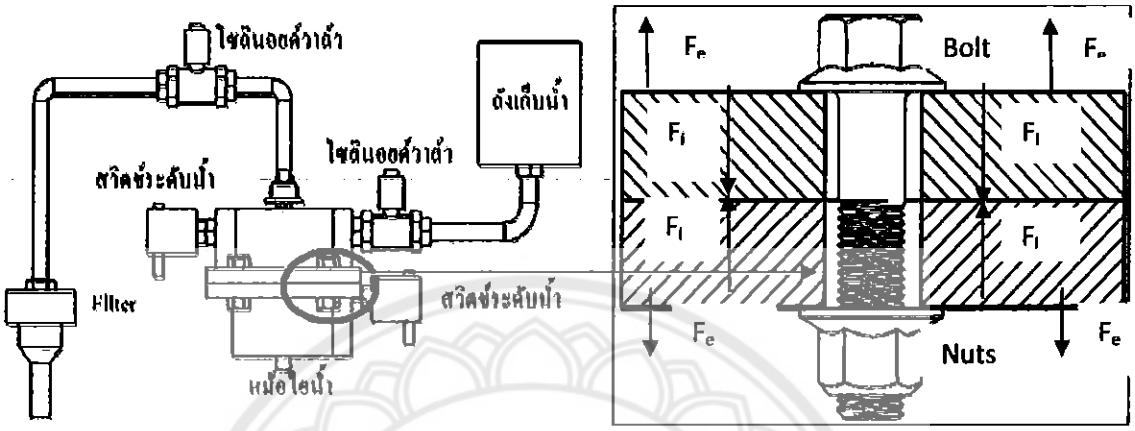
รูปที่ 3.9 กระจายความดันในหม้อไอน้ำ

พิจารณาแรงที่กระทำกับ Bolt and Nuts ที่ความดัน 3.6 บาร์ หม้อต้มเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm พิจารณาความดันในแนวแกนของหม้อไอต้ม โดยให้ F_{total} แทนแรงที่กระทำต่อหม้อต้มเนื่องจากความดันมากระทำต่อฝาหม้อไอน้ำยึดน็อต 4 ตัว

$$F_{total} = P \times A = 3.6 \times 10^5 \times \frac{\pi}{4} \times \left(0.1^2\right) = 2827.43\,N$$

จากรูป 3.10 พิจารณาแรงต่อน็อต 1 ตัวมีแรงกระทำภายนอกจากความดันในหม้อไอน้ำ

$F_e = 706.86\ N$



รูปที่ 3.10 แรงภายนอก (F_e) และแรงขัน (F_i) ที่กระทำต่อน็อต 1 ตัว

พิจารณาแรงกระทำจริงที่กระทำต่อ Bolt และ Nuts จากสมการที่ 2.22

โดยที่ $\left[\frac{k_c}{k_b + k_c}\right]$ คือค่าเฟคเตอร์ของแรงภายนอกของน็อตหนึ่งตัว

คำนวณค่าความแข็งตึงของ Bolt and Nuts (k_b) วัสดุทำมาจาก Cast iron (Cast iron Elasticity(E_c)=105 GPa)

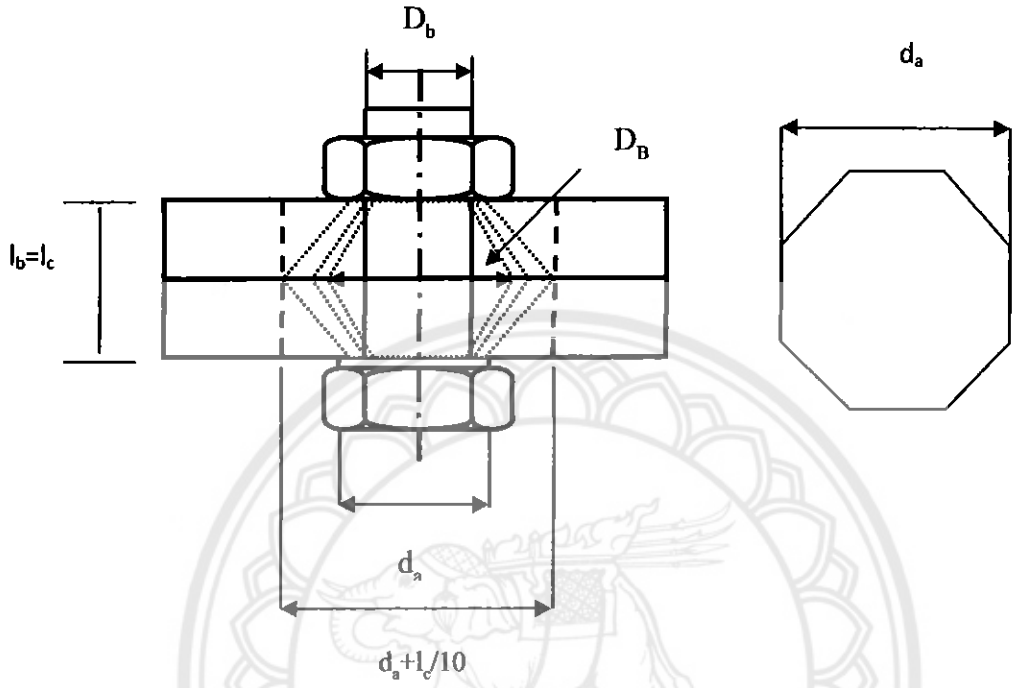
จากสมการ 2.10

$$k_b = \frac{\frac{\pi}{4} \times D_b \times E_c}{l_b} = \frac{\frac{\pi}{4} \times 16^2 \times 105}{27} = 781.9\ kN/mm$$

จากรูปที่ 3.11 คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของทรงกระบอกกลวงจากสมการ 2.11

$$A_c = \frac{\pi}{4} \times \left[\left(d_a + \frac{l_c}{10}\right)^2 - (D_B)^2\right] = \frac{\pi}{4} \times \left[\left(24 + \frac{27}{10}\right)^2 - \left(20^2\right)\right] = 245.74\ mm^2$$

พื้นที่หน้าตัดของทรงกระบอกกลวงมีค่าเท่ากับ $245.74\,mm^2$



รูปที่ 3.11 พื้นที่ทรงกระบอกและการกระจายของ Bolt และ Nuts

คำนวณค่าความแข็งบนชิ้นงานของ Stainless steel (k_c) ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ทำหม้อไอน้ำ (stainless steel Elasticity = 200 GPa)จากสมการ 2.12

$$k_c = \frac{A_c \times 200}{27} = \frac{245.74 \times 200}{27} = 1820.3\ kN/mm$$

คำนวณหาแรงที่ใช้ในการขันน็อตจากสมการ 2.18 กำหนดค่า F_o คือแรงกระทำภายนอกที่สามารถเปิดฝาหม้อต้มออกได้ ในทางปฏิบัติมากกว่า F_e อยู่ 1.5 ถึง 2 เท่า กำหนดให้เป็น 2 เท่า

$$F_i = 2 \times F_e\left[\frac{k_c}{k_b + k_c}\right] = 2 \times 706.86 \times \left[\frac{1820.3}{781.9 + 1820.3}\right] = 988.93\,N$$

แทนค่าลงไปในสมการ 2.22 แรงที่ Bolt กับ Nuts ถูกกระทำ

$$F_i = 988.93 + 706.86\left[\frac{1820.3}{781.9 + 1820.3}\right] = 1400.98N$$

ความเค้นที่เกิดขึ้นกับ Bolt จากตารางที่ 2.3 มีพื้นที่รับความเค้น(A_s)เท่ากับ178 mm^2 ต่อระยะพิตช์ 1 mm แต่ความหนาฝาหม้อไอน้ำที่ยึดหนา 27 mm มีพื้นที่รับความเค้น(A_t)เท่ากับ 4806 mm^2

$$\sigma_t = \frac{F_t}{A_t} = \frac{1400.98}{4806\times10^{-6}} = 0.3\,MPa$$

Bolt และ Nutsเป็นวัสดุที่ทำมาจากเหล็กหล่อ มีค่า Elasticity = 105 GPa ทนความเค้นภายนอกได้ คำนวณแรงที่กระทำต่อฝาหม้อไอน้ำที่ยึดด้วย Bolt และ Nuts จากสมการ 2.23

$$F_{tc} = 988.93 - 589.05\left[\frac{1820.3}{781.9+1820.3}\right] = 576.88N$$

แรงกระทำรวมของ Bolt และ Nuts ที่กระทำอยู่บนชิ้นงานทั้ง 4 คู่ ในขณะที่เกิดแรงกระทำทั้งหมด F_{total} เท่ากับ 2827.3 N จากความดันในหม้อต้ม ยังคงมีแรงเหลือพอกดชิ้นงานอยู่มีค่าเท่ากับ 2307.52 N

3.2.3 ความเค้นในเกลียวของสวิตช์ระดับน้ำ

เกลียวของสวิตช์ระดับน้ำขนาด M12×1 จากตารางที่ 2.3 มีพื้นที่รับความเค้นของเกลียว(A_s) มีค่าเท่ากับ 96.1 mm^2 เป็นพื้นที่เกลียวต่อหนึ่งพิตช์ เกลียวสวมกับหม้อไอน้ำของสวิตช์ยาว 5 mm จะได้พื้นที่รับความเค้นของเกลียวเท่ากับ(A_{sl}) มีค่าเท่ากับ 384.4 mm^2 โดยไม่คิดความดันที่กระทำต่อลูกลอยและก้านลูกลอย

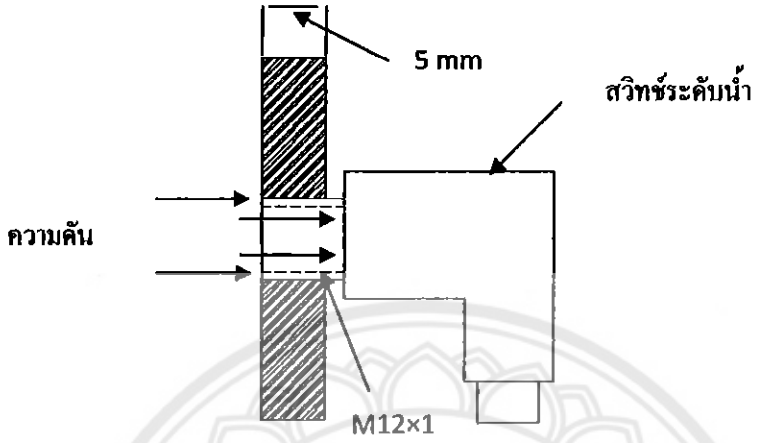
หาแรงกระทำต่อสวิตช์ระดับน้ำ(F_{switch})จากค่าความปลอดภัย(safety factor)ของความดันของหม้อไอน้ำ(P_{Boiler})ต่อพื้นที่ถูกกระทำ(A_{area})

$$F_{switch} = P_{Boiler}\times A_{area} = 3.6\times10^5 \times \frac{\pi}{4}\times0.012^2 = 40.71N$$

ความเค้นที่เกิดขึ้นจากความดันของหม้อไอน้ำ(A_{sl})

$$\sigma_{sl} = \frac{F_{switch}}{A_{sl}} = \frac{40.71}{384\times10^{-6}} = 106.015kPa$$

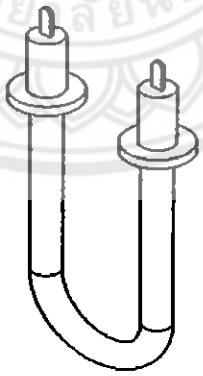
ความเค้นของวัสดุที่ทำจาก stainless steelให้วัสดุยืดตัวออก(Elasticity=200GPa) เพราะฉะนั้น ความเค้นที่เกิดจากหม้อไอน้ำไม่มีผลต่อการสวมต่อระหว่างสวิตช์ระดับน้ำและหม้อไอน้ำ



รูปที่ 3.12 ความดันที่กระทำสวิตช์ระดับน้ำกับพื้นที่รับความเค้นยาว 5 mm

3.2.4 ฮีตเตอร์ (Heater)

ฮีตเตอร์ (Heater) เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่น้ำเพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นไอ จากรูป 3.12 ในการออกแบบฮีตเตอร์จะพิจารณาหาขนาดจากความร้อนสัมผัส ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.13 ตัวอย่างฮีตเตอร์ (Heater) ในการออกแบบ

ความร้อนสัมผัส(Sensible heat)

ความร้อนจากฮีตเตอร์กับน้ำปริมาณ 600 ml หรือ มวล 0.6 kg จากเดิมอุณหภูมิ 30 C° จนถึง 105 C° จากสมการ 2.24

$$Q_s = 0.6 \times 4.18 \times (105 - 30) = 188.1\ kJ$$

กำหนดเวลาต้มน้ำ 1 นาทีสามารถคำนวณขนาดฮีตเตอร์ได้ $\frac{188.1kJ}{60s} = 3.14\,kW$

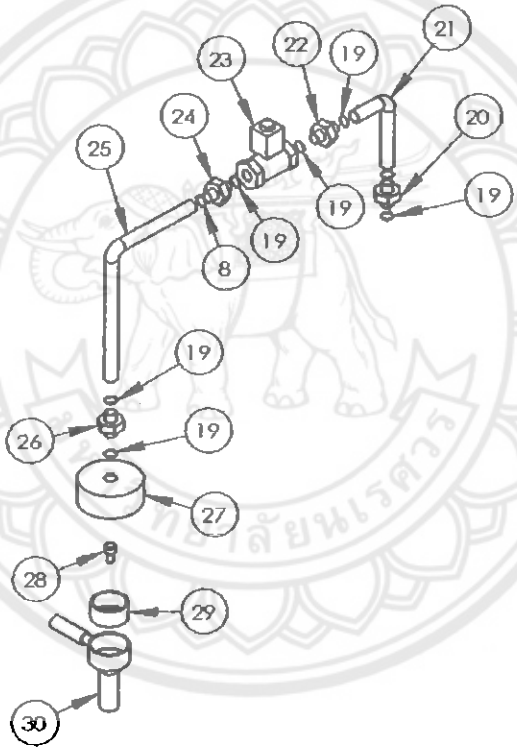
3.3 หน่วยจ่ายไอน้ำ

ระบบจ่ายไอน้ำ คือ ตั้งแต่การลำเลียงไอน้ำจากในหม้อต้ม (Boiler) ผ่านท่อ วาล์ว จนกระทั่งออกมาเป็นน้ำกาแฟ ส่วนประกอบคล้ายกับระบบจ่ายน้ำจากถังเก็บน้ำ ส่วนประกอบต่างๆ มีดังแสดงในรูป 3.14 และตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ส่วนประกอบต่างๆของหน่วยจ่ายไอน้ำ

หมายเลข	ชื่อ	หน้าที่
19	Seal	กันการรั่วซึมของไอน้ำ
20	ข้อต่อน้ำ	ชิ้นส่วนเชื่อมการต่อโดยระหว่างที่ท่อ อื่นๆจะมาต่อกับข้อต่อต้องมีขนาดเท่ากัน
21	ท่องอสั้น 90 องศา	ท่อไอน้ำที่ต่อทางออกของหม้อไอน้ำ
22 , 24	ข้อต่อ (โซลินอยด์วาล์ว)	เป็นข้อต่อลักษณะเกลียวนอก โดยเชื่อมระหว่างท่องอกับโซลินอยด์วาล์ว
23	โซลินอยด์วาล์ว	อุปกรณ์ควบคุมเปิดปิดการจ่ายไอน้ำ
25	ท่องอยาว 90 องศา	ท่อไอน้ำที่ต่อจากโซลินอยด์วาล์ว
26	ข้อต่อ (ชุดกรองชงกาแฟ)	ข้อต่อลักษณะเกลียวนอก โดยเชื่อมระหว่างท่องอกับชุดกรองชงกาแฟ
27	ฝาครอบชุดกรองชงกาแฟ	ห้องผสมผงกาแฟกับไอน้ำ โดยมีถ้วยกรองกาแฟสวมกับฝาครอบชุดกรองกาแฟ

หมายเลข	ชื่อ	หน้าที่
28	Nozzle	ท่อลดขนาดเป็นท่อสำหรับเพิ่มความดันไอน้ำในการผสมกาแฟ
29	ถ้วยกรองกาแฟ	ภาชนะบรรจุผงชงกาแฟ เมื่อผสมกับไอน้ำจะถูกกรองออกมาเป็นน้ำกาแฟ
30	ด้ามชงกากาแฟ	อุปกรณ์ที่สวมกับถ้วยกรองกาแฟ เพื่อนำไปสวมกับฝาครอบชุดกรองกาแฟ



รูปที่ 3.14 ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบจ่ายไอน้ำ

คำนวณหาอัตราการไหลของไอน้ำไหลเข้ามาสู่ถ้วยกรองกาแฟดังต่อไปนี้

จากหัวข้อที่แล้วเราทราบว่าฮีตเตอร์มีขนาด 3140 W ใช้เวลาในการต้มน้ำ 1 นาที จึงจะได้มวล 0.1 kg ภายหลังในการผสมได้น้ำกาแฟออกมาจะการไหลเชิงมวล $\dot{m}$

$$\dot{m} = \frac{0.1}{60} = 1.67 \times 10^{-3} kg/s$$

กำหนดให้ความหนาแน่นของไอน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสมีค่าเป็น 0.597 kg/ m^3

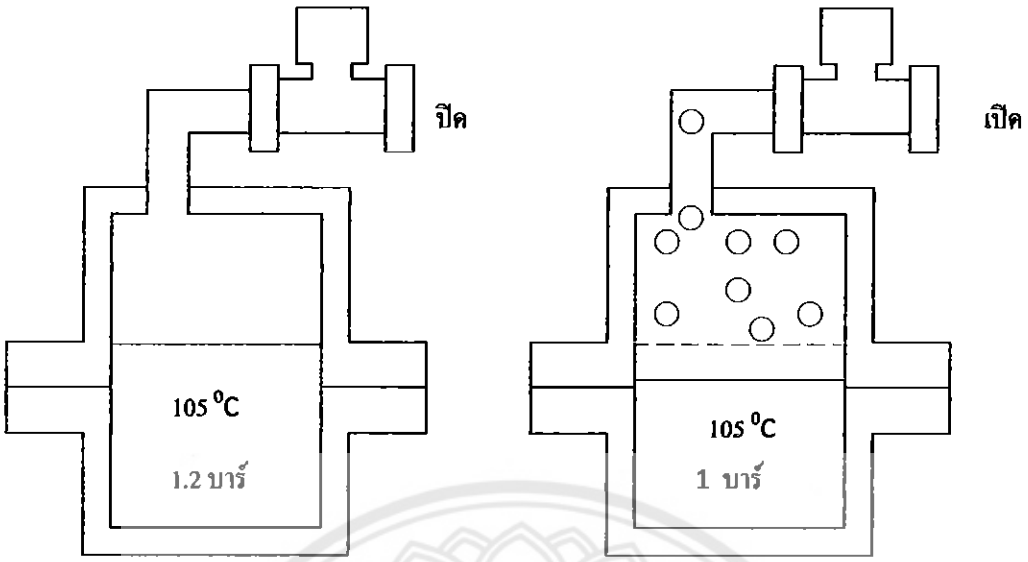
จะได้อัตราการไหลเชิงปริมาตรของไอน้ำที่เข้าไปผสมกับผงกาแฟ

$$\dot{V} = \frac{1.67 \times 10^{-3}}{0.597} = 2.797 \times 10^{-3} m^3/s = 2.797 l/s$$

ความเร็วของไอน้ำที่เข้าไปผสมกับผงกาแฟ

$$V = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{2.8 \times 10^{-3}}{\frac{\pi}{4} \times (0.0105)^2} = 32.34\ m/s$$

จากรูป 3.14 ในการต้มน้ำนั้นในภาชนะที่ปิดอยู่ เมื่อต้มน้ำที่ 105 องศาเซลเซียล ความดันจะสูงขึ้นไปเป็น 1.2 บาร์ ซึ่งอยู่ในสภาวะยังอิ่มตัวในสภาวะปริมาตรคงที่ ในขณะที่ เมื่อเปิดสู่บรรยากาศ ความดันในหม้อไอน้ำจะลดลงอุณหภูมิคงที่น้ำจะกลายเป็นไอน้ำพุ่งออกมาจากหม้อไอน้ำ



(a). เมื่อปิดวาล์วน้ำในหม้อต้ม มีสถานะเป็นของเหลว

(b). เมื่อเปิดวาล์วน้ำในหม้อต้มจะเดือดกลายเป็นไอ

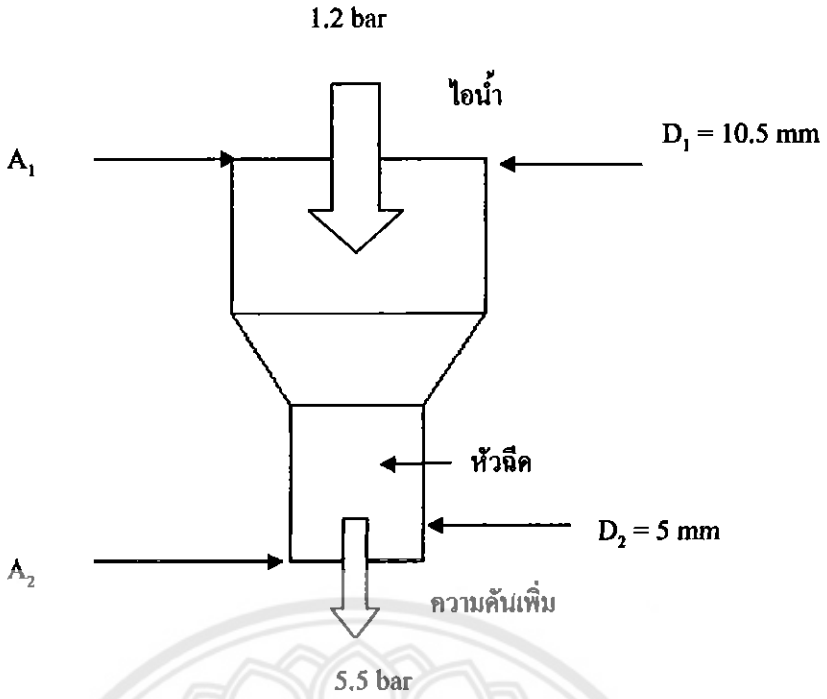
รูปที่ 3.15 กระบวนการเกิดไอน้ำในหม้อต้ม

จากรูป 3.15 หลังจากต้มน้ำกลายเป็นไอไหลผ่านโซลินอยด์วาล์ว โดยว่าปริมาณการอัตราไหลของไอน้ำมีค่าคงที่ เมื่อไหลถึงท่อลดซึ่งทำหน้าที่คล้ายหัวฉีด (Nozzle)

$$\frac{F}{A_1} = P_1 = 1.2\times10^5\,Pa \qquad F = 1.2\times10^5 \times \frac{\pi}{4}\times 0.0105^2 = 10.89N$$

จากพื้นที่ลดลง เมื่อไหลผ่านหัวฉีด จะได้ความดันที่เพิ่มขึ้นแต่แรงดัน (F) สมมุติให้คงที่

$$\frac{F}{A_2} = P_2 = \frac{10.89}{\frac{\pi}{4}\times 0.005^2} = 5.5\,bar$$

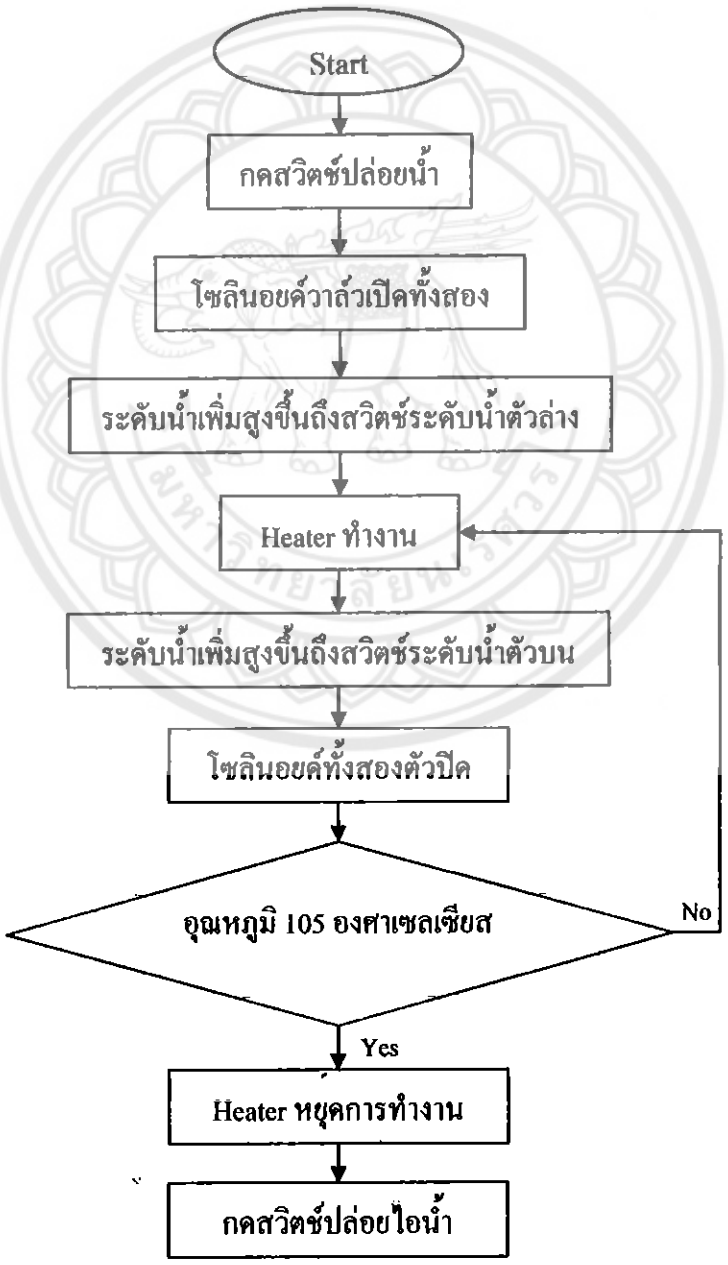


รูปที่ 3.16 ไอน้ำเมื่อไหลผ่าน Nozzle ความดันจะเพิ่มขึ้น

บทที่ 4

ลำดับการทำงานระบบการควบคุมของเครื่องชงกาแฟ

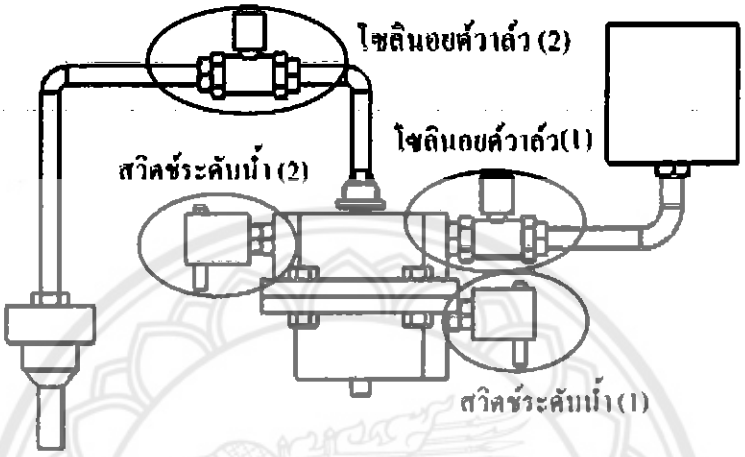
ในการทำงานของเครื่องชงกาแฟจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมระบบการทำงาน ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมเครื่องดังโฟล์วชาร์ทรูปที่ 4.1 การควบคุมการทำงานของเครื่องชงกาแฟจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ การควบคุมระบบการจ่ายน้ำ ระบบการต้มน้ำ ระบบการจ่ายไอน้ำ และระบบความปลอดภัย



รูปที่ 4.1 โฟล์วชาร์ทแสดงลำดับการทำงานระบบควบคุมเครื่องชงกาแฟ

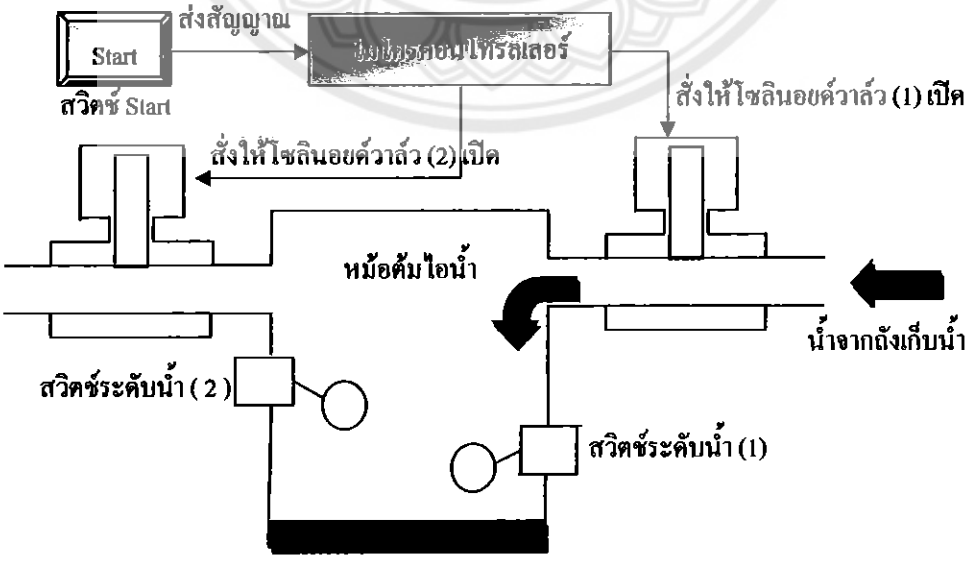
4.1 การควบคุมระบบการจ่ายน้ำ

อุปกรณ์ในการควบคุมการจ่ายน้ำจากถังเก็บน้ำ คือ สวิตช์ระดับน้ำ ซึ่งจะติดตั้งไว้กับหม้อไอน้ำโดยจะใช้สวิตช์ระดับน้ำ 2 ตัว คือ สวิตช์ระดับน้ำ (1) และสวิตช์ระดับน้ำ (2) เพื่อเป็นตัวควบคุมโซลินอยด์วาล์วในการ เปิด – ปิด การปล่อยน้ำลงหม้อไอน้ำ ดังรูป 4.2



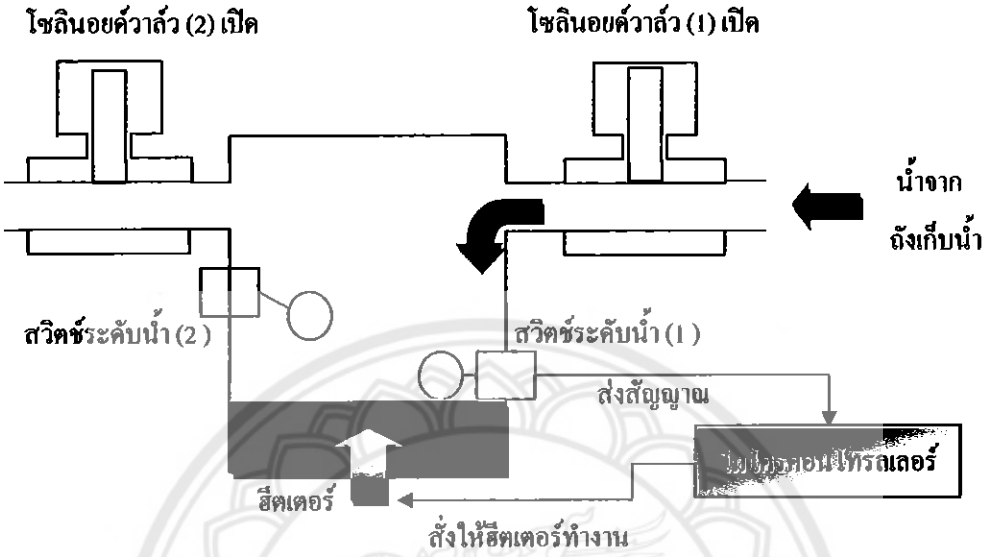
รูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่งการติดตั้งสวิตช์ระดับน้ำและโซลินอยด์วาล์ว

การทำงานของระบบการจ่ายน้ำ เมื่อกดสวิตช์ Start จะส่งสัญญาณไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้โซลินอยด์วาล์วเปิด น้ำจากถังเก็บจะไหลเข้าสู่หม้อต้มไอน้ำ ระบบการทำงานอื่นๆ ของเครื่องจะยังไม่มีการทำงานจนกว่าระดับน้ำจะเพิ่มขึ้นจนถึงสวิตช์ระดับน้ำ (1) ดังรูป 4.3



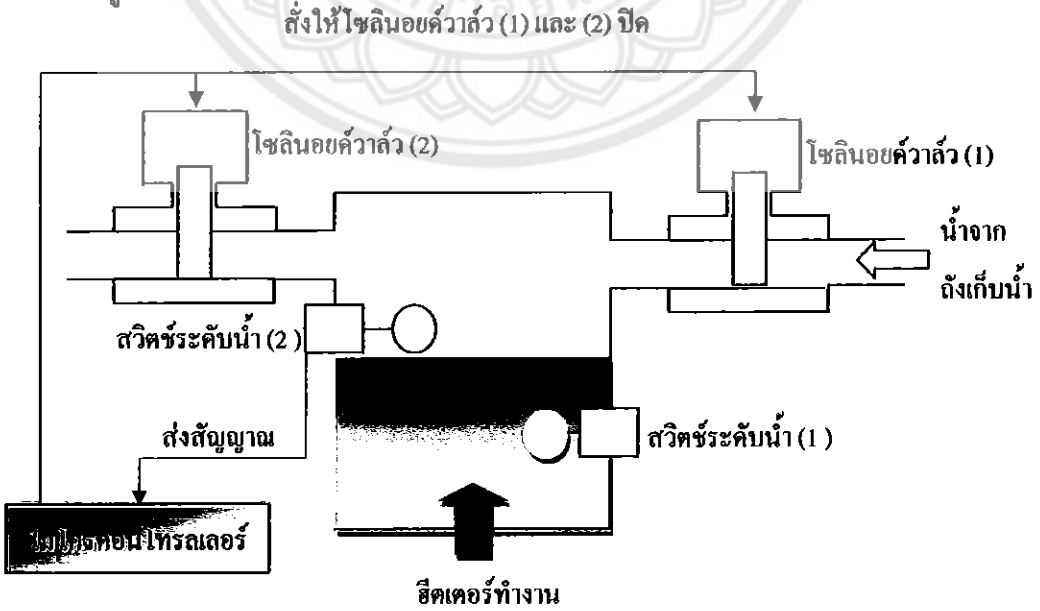
รูปที่ 4.3 เมื่อกดสวิตช์ Start น้ำจะถูกจ่ายเข้าสู่หม้อต้มไอน้ำ (Boiler)

เมื่อระดับน้ำสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงระดับเดียวกับสวิตช์ระดับน้ำ (1) น้ำจะผลักให้ลูกลอยเคลื่อนที่ขึ้น ซึ่งจะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งให้ฮีตเตอร์ทำงาน ดังรูป 4.4



รูปที่ 4.4 เมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้นถึงสวิตช์ระดับน้ำ (1) ฮีตเตอร์เริ่มทำงาน

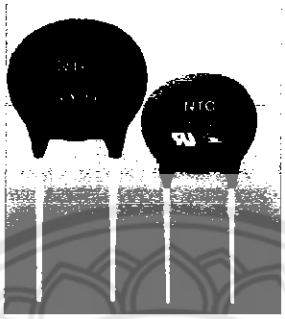
ขณะที่ฮีตเตอร์ทำการต้มน้ำระดับน้ำยังคงเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งระดับน้ำเพิ่มขึ้นถึงสวิตช์ระดับน้ำ (2) ผลักให้ลูกลอยเคลื่อนที่ขึ้น ซึ่งจะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้โซลินอยด์วาล์วปิดการจ่ายน้ำ ดังรูป 4.5



รูปที่ 4.5 เมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้นถึงสวิตช์ระดับน้ำ (2)โซลินอยด์วาล์วหยุดจ่ายน้ำ

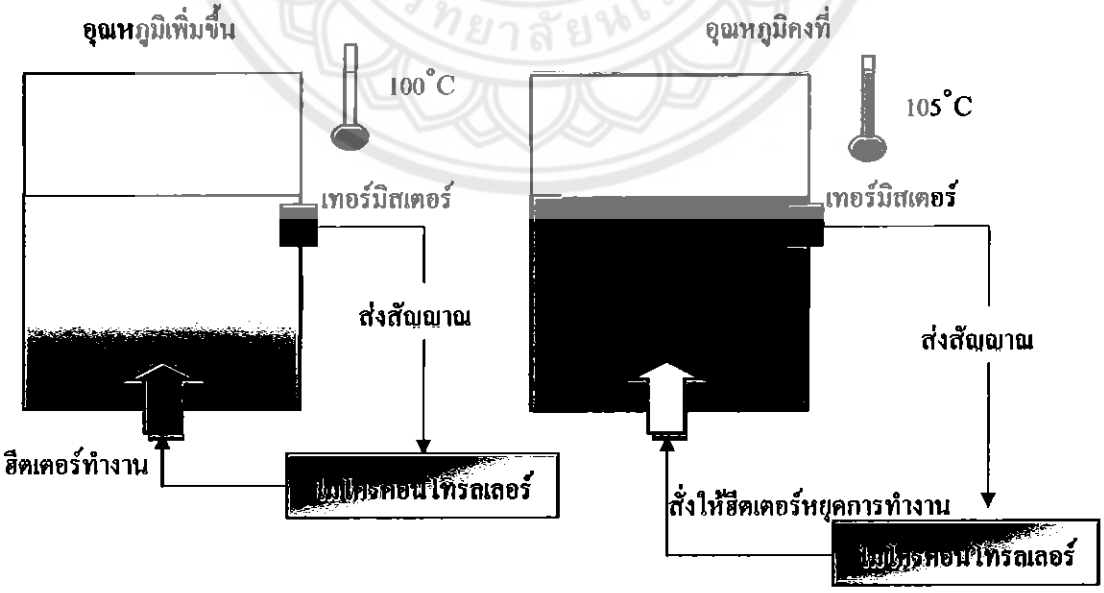
4.2 ระบบการต้มน้ำ

อุปกรณ์ในการควบคุมอุณหภูมิในหม้อไอน้ำและฮีตเตอร์ คือ เทอร์มิสเตอร์(Thermistors) เป็นตัวต้านทานชนิดหนึ่งที่ ค่าความต้านทานและความต่างศักย์ จะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิที่ได้รับ โดยจะใช้เทอร์มิสเตอร์นี้เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิในหม้อไอน้ำให้คงที่



รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างเทอร์มิสเตอร์

เมื่อฮีตเตอร์ให้ความร้อนแก่น้ำจนอุณหภูมิเกิน 105 องศาเซลเซียส เทอร์มิสเตอร์จะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลสั่งให้ฮีตเตอร์หยุดการทำงาน เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 105 องศาเซลเซียสก็สั่งให้ฮีตเตอร์กลับมาทำงาน โดยเทอร์มิสเตอร์นี้จะคอยควบคุมให้อุณหภูมิในหม้อไอน้ำคงที่อยู่ตลอดเวลา โดยสภาวะในหม้อไอน้ำที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสน้ำยังคงเป็นของเหลว เนื่องจากเป็นระบบปิดจะกลายเป็นไอน้ำเมื่อปล่อยออกสู่บรรยากาศ

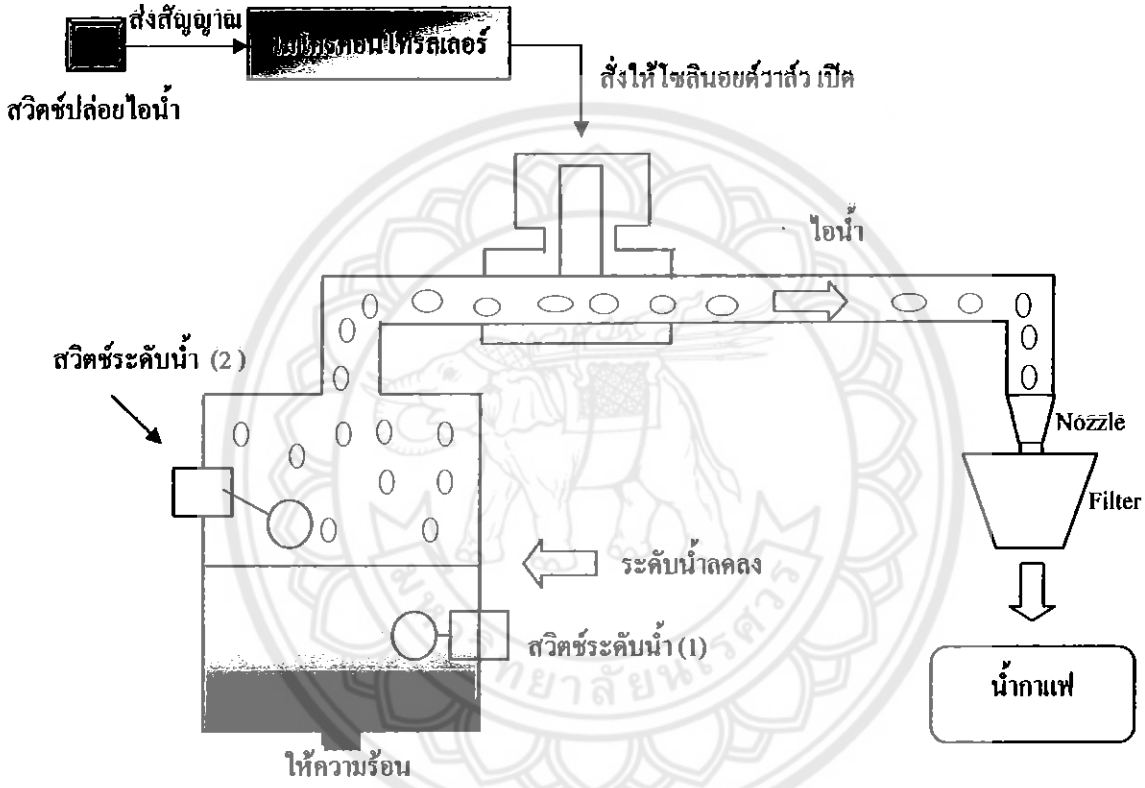


(1) เมื่ออุณหภูมิ < 105 °C ฮีตเตอร์ยังคงการทำงาน (2) เมื่ออุณหภูมิ > 105°C ฮีตเตอร์หยุดการทำงาน

รูปที่ 4.7 กระบวนการของระบบการต้มน้ำ

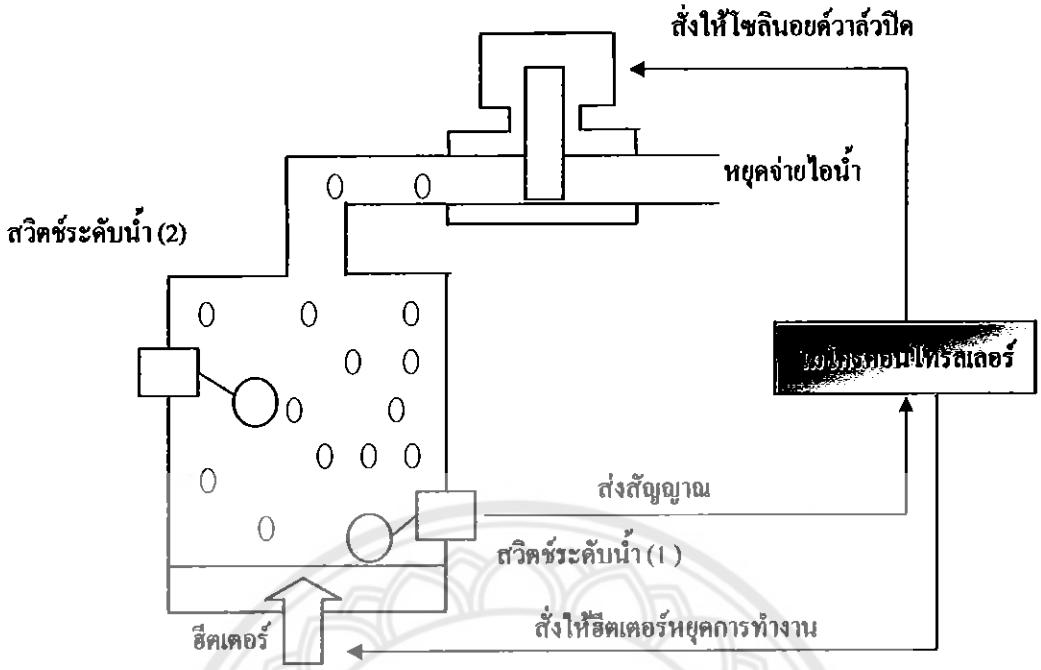
4.3 ระบบจ่ายไอน้ำ

เมื่อต้มน้ำจนอุณหภูมิถึง 105 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่พร้อมสำหรับการปล่อยไอน้ำ เมื่อกดสวิตช์ปล่อยไอน้ำสวิตช์จะส่งสัญญาณยังไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้โซลินอยด์วาล์วเปิด ไอน้ำจะถูกปล่อยสู่ความดันบรรยากาศ ดังรูป 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงการเกิดไอน้ำและการปล่อยไอน้ำ

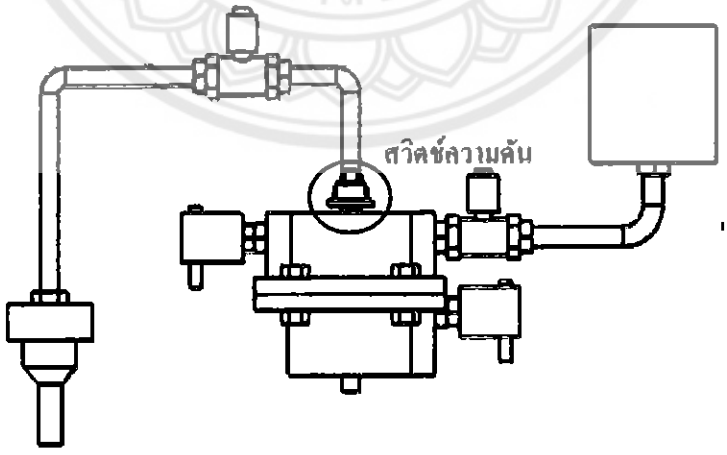
ภายใต้อุณหภูมิคงที่และความดันที่บรรยากาศระดับน้ำลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากการเปลี่ยนเฟสของน้ำ เมื่อระดับน้ำลดลงต่ำกว่าสวิตช์ระดับน้ำ (1) สวิตช์ระดับน้ำจะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งหยุดการทำงานของฮีตเตอร์และการปล่อยไอน้ำโดยสั่งปิดโซลินอยด์วาล์ว ส่วนไอน้ำที่เหลือเมื่ออุณหภูมิลดลงจะควบแน่นกลับกลายเป็นน้ำอีกทีครั้ง ดังรูป 4.9



รูปที่ 4.9 เมื่อระดับน้ำลดลงมาถึงสวิตช์ระดับน้ำ (1) ฮีตเตอร์จะหยุดการทำงาน โซลินอยด์วาล์วปิด

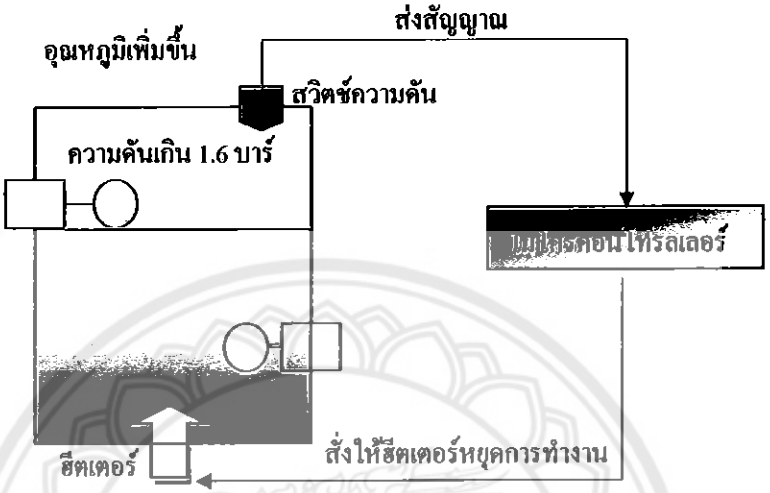
4.4 ระบบความปลอดภัย

ระบบความปลอดภัยถือเป็นสิ่งที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึง เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบนี้ คือ สวิตช์ความดัน ดังรูป 4.10



รูปที่ 4.10 ตำแหน่งการติดตั้งสวิตช์ความดัน

กระบวนการทำงานของระบบความปลอดภัย สวิตช์ความดันสามารถปรับค่าความดันได้อยู่ที่ระหว่าง 1 บาร์ ถึง 1.6 บาร์ เมื่อความดันเกิน 1.6 บาร์ สวิตช์ความดันจะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งตัดการทำงานของฮีตเตอร์ ปล่อยให้อุณหภูมิภายในหม้อต้มลดลง



รูปที่ 4.11 เมื่อความดันเกิน 1.6 บาร์ สวิตช์ความดันทำงานโดยตัดการทำงาน**ฮีตเตอร์**

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

ในปริญญานิพนธ์นี้ เราได้ออกแบบและจำลองการทำงานเครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่โดยอาศัยไมโครคอนโทรเลอร์ในการควบคุมการทำงาน และแบ่งการควบคุมเป็น3 หน่วยด้วยกันได้แก่

(1) ระดับน้ำป้อน (Feed water reservoir)

(2) หน่วยให้ความร้อน (Heating unit)

(3) ระบบจ่ายไอน้ำ (Water vapor dispensing unit)

โดยมีการทำงานดังนี้

- การควบคุมระดับน้ำป้อนที่ประกอบด้วยสวิตช์วัดระดับน้ำต่ำสุดและสวิตช์วัดระดับน้ำสูงสุดในหม้อต้ม (Boiler) และหน่วยให้ความร้อนจะทำงานเมื่อระดับน้ำอยู่ระหว่างระดับต่ำสุดและระดับน้ำสูงสุด
- เมื่อระดับน้ำต่ำกว่าระดับน้ำต่ำสุด จอแสดงผล LCD บอกให้ผู้ใช้ทำการเปิดวาล์วปล่อยน้ำ ซึ่งเป็นโซลินอยด์วาล์วติดตั้งอยู่ระหว่างท่อจ่ายน้ำจากถังเก็บน้ำกับหม้อไอน้ำ และหยุดการทำงานของฮีตเตอร์
- เมื่อปล่อยน้ำจนถึงระดับน้ำสูงสุดที่กำหนดเอาไว้ สัญญาณไฟฟ้าจะถูกส่งไปให้สวิตช์หยุดป้อนน้ำให้แก่หม้อต้ม พร้อมกันนั้นจะสั่งให้ฮีตเตอร์ทำงาน จนกระทั่งได้ไอน้ำที่อุณหภูมิ 105°C ความดัน 1.2 บาร์ ณ จุดนี้เอง เราได้ทำการติดตั้งสวิตช์ความดันไว้ เพื่อความปลอดภัย ในกรณีที่ไอน้ำในหม้อต้มมีความดันเกิน 1.6 บาร์ สวิตช์ความดันจะทำการตัดวงจรไฟฟ้า เป็นการหยุดการทำงานของฮีตเตอร์ และต้องทำการเปลี่ยนเทอร์มิสเตอร์ใหม่
- เมื่อได้ไอน้ำที่อุณหภูมิ 105°C ความดัน 1.2 บาร์แล้ว จอ LCD จะแสดงผลบอกว่า พร้อมที่จะจ่ายไอน้ำแล้ว
- ระบบจ่ายไอน้ำประกอบไปด้วยโซลินอยล์วาล์วที่ติดตั้งอยู่ระหว่างหม้อต้มกับส่วนการกรองกาแฟ (Filter) เมื่อทำการกดสวิทช์โซลินอยล์วาล์วเปิดสู่บรรยากาศ จะทำให้ความดันในหม้อต้มลดลงแต่อุณหภูมิในการต้มยังคงที่ น้ำเกิดการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ
- ไอน้ำที่ได้ไหลมายังท่อที่ลดพื้นที่หน้าตัดลง ซึ่งทำงานคล้ายกับหัวฉีด (Nozzle) ได้ไอน้ำที่ความดันสูงขึ้นเท่ากับ 5.5 บาร์
- เมื่อไอน้ำที่ 5.5 บาร์ไหลมายังส่วนการกรองกาแฟ (Filter) และผสมกับผงการแฟ จะได้น้ำกาแฟออกมา

เครื่องชงกาแฟแบบเอสเพรสโซ่ที่ทำการออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ควบคุมนี้ เป็นการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ สะดวกต่อการใช้งาน และมีระบบความปลอดภัยจากสวิตช์ความดัน

บรรณานุกรม

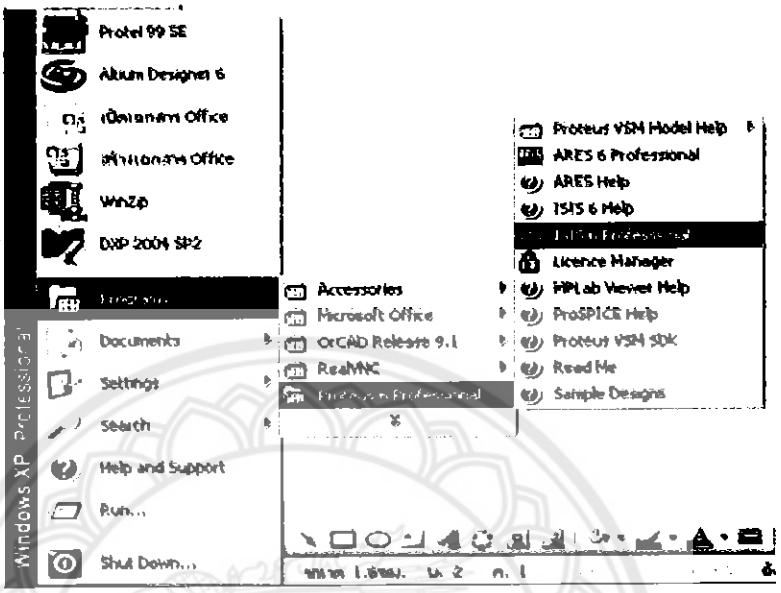
1. คอนสัน ปงผาบ ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งาน กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น) 2549.
2. รองศาสตราจารย์มนตรี พิรุณเกษตร อุณหพลศาสตร์ 1 กรุงเทพฯ:วิทยพัฒน์ 2549
3. ศาสตราจารย์วิริทธ์ อึ๊งภากรณ์ การออกแบบเครื่องจักร กรุงเทพฯ:วิทยพัฒน์ 2545
4. รองศาสตราจารย์มนตรี พิรุณเกษตร กลศาสตร์ กรุงเทพฯ:วิทยพัฒน์ 2549

ภาคผนวก ก

การใช้โปรแกรม Proteus

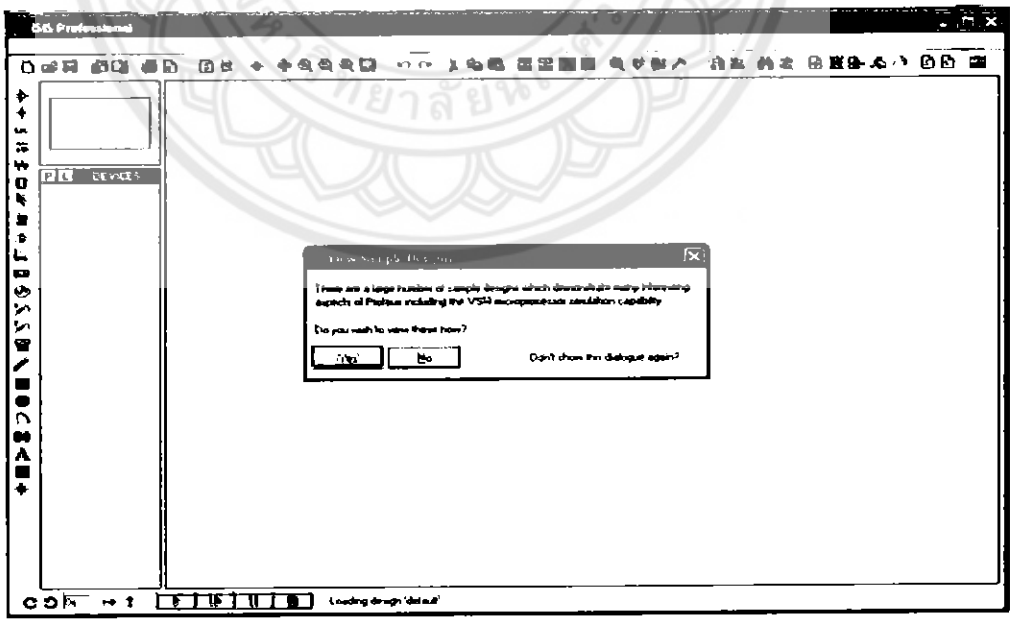
การใช้งานโปรแกรม Proteus

เริ่มต้นโดยการเปิดโปรแกรม Proteus ขึ้นมา



รูปที่ ก.1 แสดงตัวอย่างการเปิดโปรแกรม Proteus

จะปรากฏดังภาพด้านล่าง ในไดอะล็อกบล็อก View Sample Designs ให้คลิก No

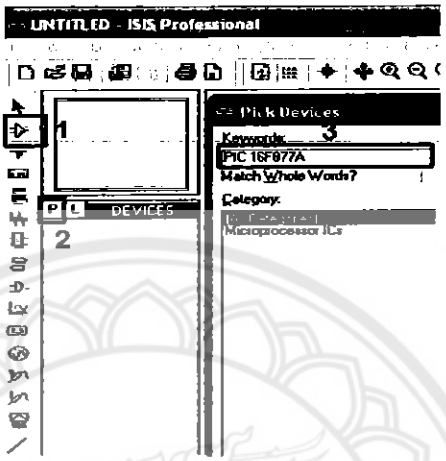


รูปที่ ก.2 แสดงหน้าตาโปรแกรม Proteus

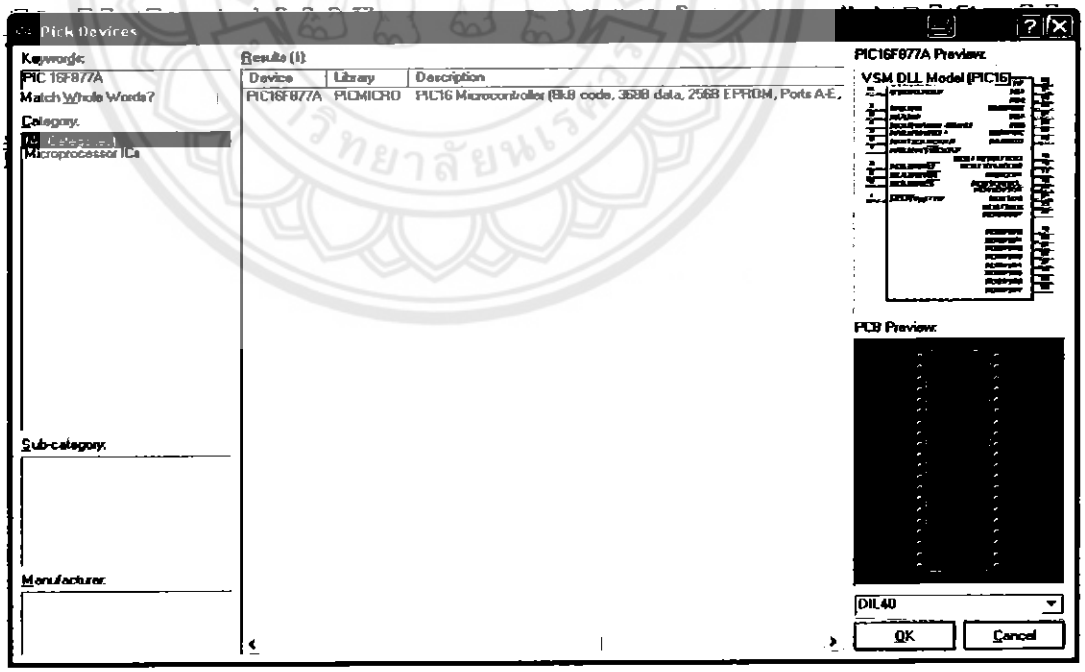
ก่อนที่เราจะทำการจำลองได้นั้นเราต้องทำการวาดวงจรขึ้นมาก่อน

ขั้นตอนในการ วาดวงจรไมโครคอลโทรลเลอร์

1. คลิกที่ปุ่ม component หมายเลข 1
2. คลิกที่ปุ่ม P Pick Devices หมายเลข 2 จะปรากฏไดอะล็อกบล็อก Pick Devices ขึ้นมา
3. พิมพ์ชื่อ PIC16F877A ในช่อง Keywords: หมายเลข 3

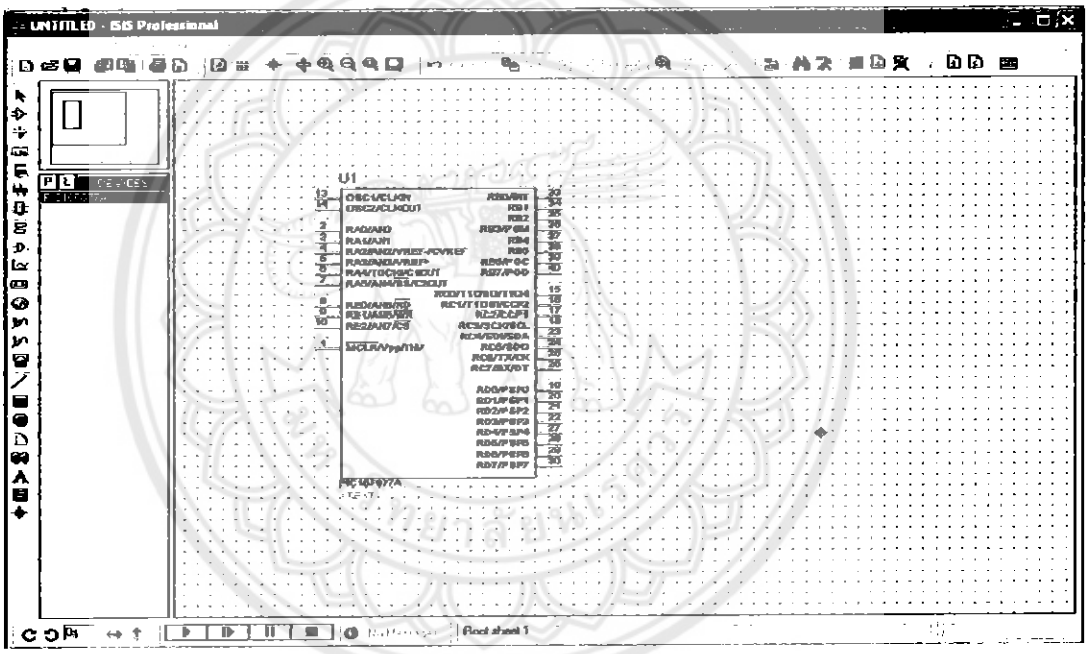


รูปที่ ก.3 แสดงขั้นตอนการวาดวงจร



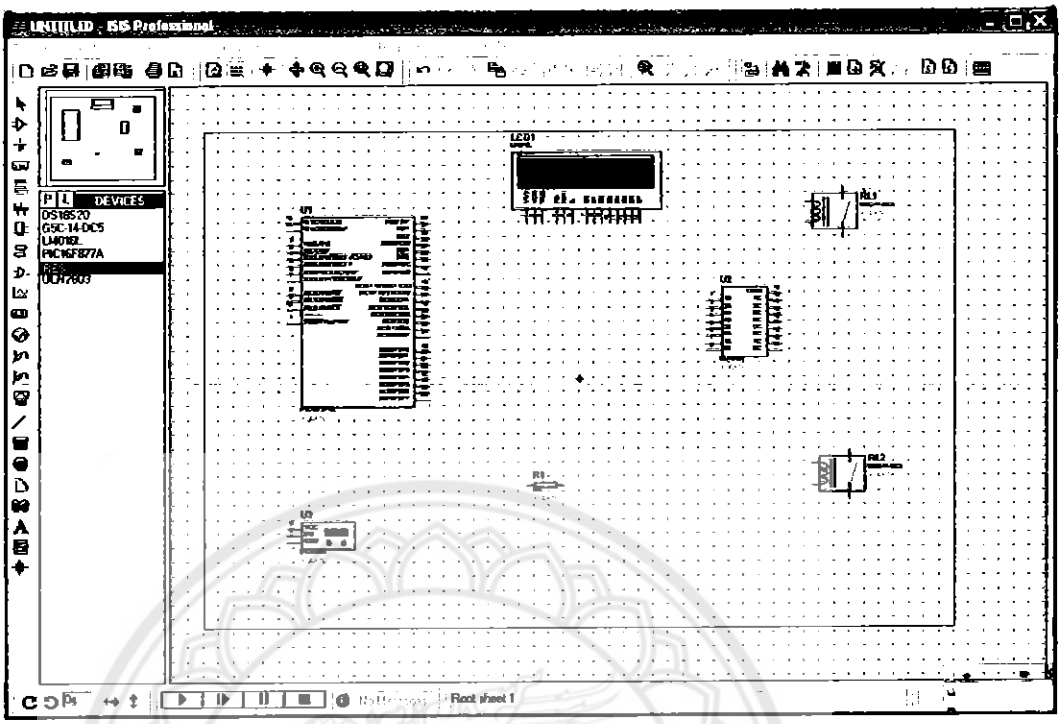
รูปที่ ก.4 แสดงขั้นตอนการเลือกอุปกรณ์

4. เลือก PIC16F877A คลิก OK จากนั้นคลิกซ้ายบริเวณพื้นที่ของการทำงานเราก็จะได้ PIC16F877A เข้ามาอยู่ในพื้นที่ทำงาน ที่เราต้องการวาดวงจรดังภาพด้านล่าง ถ้าเราต้องการขยับหรือเคลื่อนย้ายตัวอุปกรณ์ไปยังตำแหน่งที่เราต้องการให้คลิกขวาที่ตัวอุปกรณ์ที่เราต้องการขยับ ตัวอุปกรณ์ก็จะเปลี่ยนเป็นสีแดงจากนั้นคลิกซ้ายค้างที่ตัวอุปกรณ์และขยับไปยังตำแหน่งที่เราต้องการ เมื่อได้ตำแหน่งที่เราต้องการแล้วให้คลิกขวาบริเวณพื้นที่ว่าง สีแดงที่ตัวอุปกรณ์ก็จะหายไป หากต้องการลบตัวอุปกรณ์ให้คลิกขวาที่ตัวอุปกรณ์ที่เราต้องการลบ สีของตัวอุปกรณ์ก็จะเปลี่ยนเป็นสีแดง จากนั้นให้คลิกขวาที่ตัวอุปกรณ์อีกครั้งหนึ่งตัวอุปกรณ์ตัวนั้นก็จะหายไป



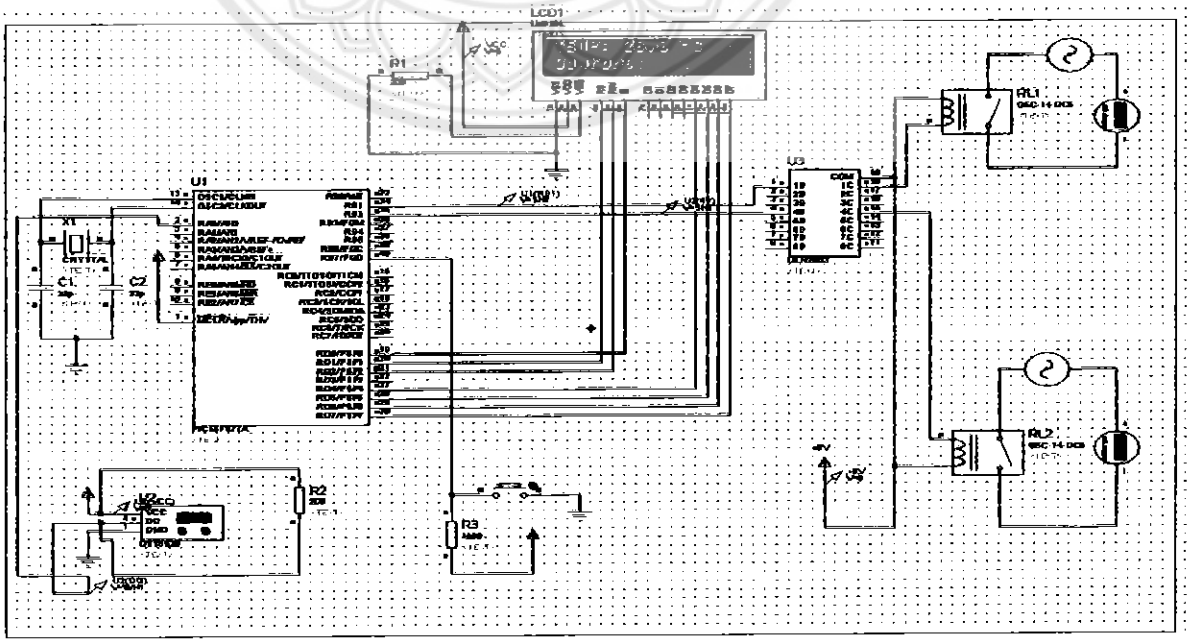
รูปที่ ก.5 แสดงขั้นตอนการวางอุปกรณ์

5. อุปกรณ์ตัวอื่นก็ทำเช่นกัน



รูปที่ ก.6 แสดงการวาดอุปกรณ์ต่างๆ

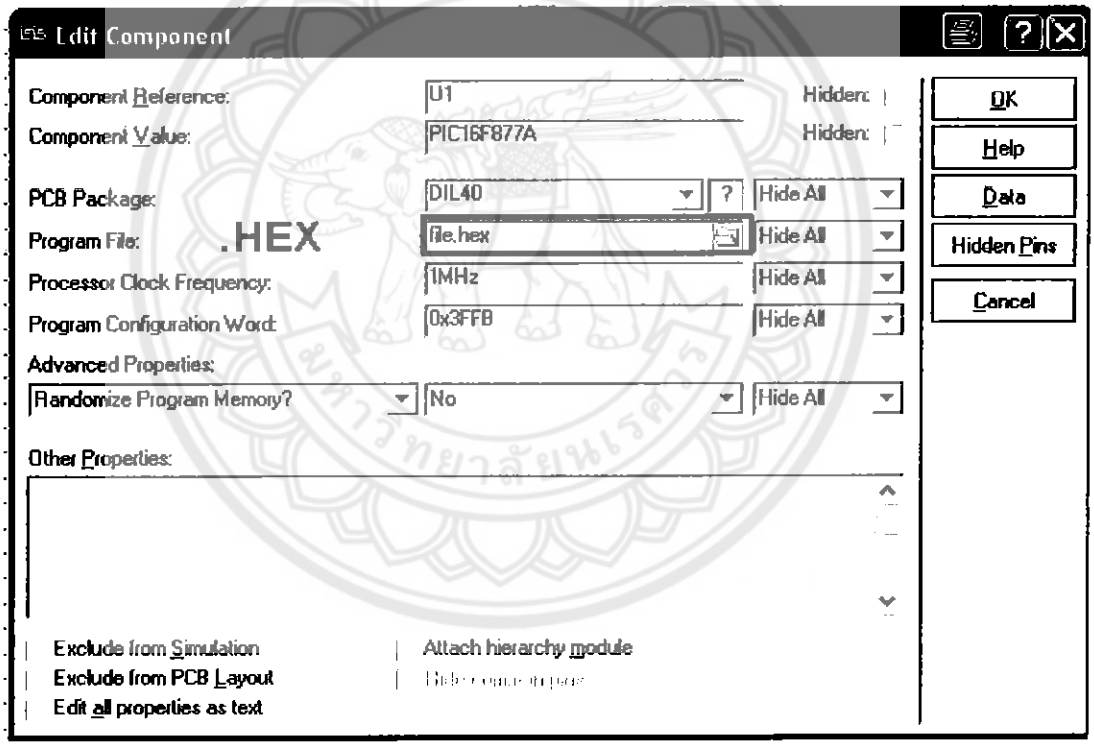
6. เมื่อเลือกอุปกรณ์ครบทุกตัวแล้ว ก็ทำการเชื่อมต่อวงจรโดยคลิกที่ แล้วนำเมาส์ไปคลิกซ้ายที่ขาอุปกรณ์ที่เราต้องการให้เชื่อมถึงกันเป็นจุดเริ่มต้นแล้วลากไปที่ขาอุปกรณ์ตัวที่เป็นจุดสิ้นสุดและคลิกซ้ายเราก็จะได้เส้นสัญญาณที่เชื่อมต่อถึงกัน



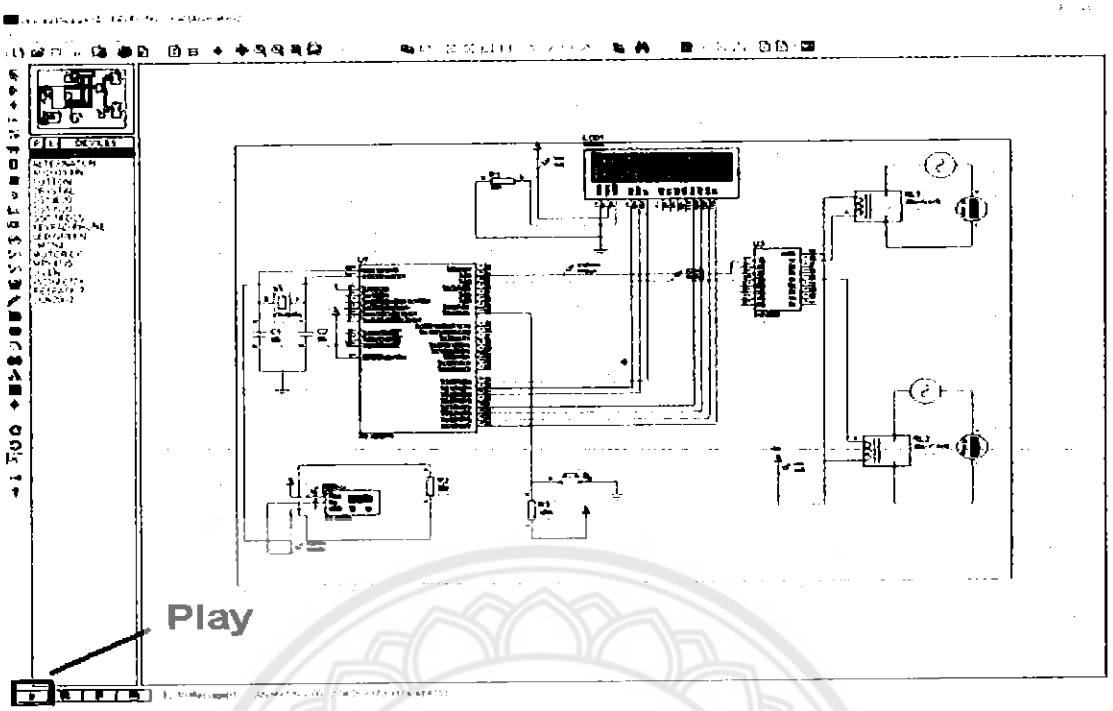
รูปที่ ก.7 แสดงวงจรที่ทำการวาดเสร็จสมบูรณ์

ตอนนี้เราวาดวงจรเสร็จเรียบร้อยแล้วแต่ยังไม่สมบรูณ์แบบ เนื่องจากว่าหลักสำคัญของการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องมีการโปรแกรม การเขียน Code โปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถเขียนได้หลายวิธี เราใช้โปรแกรม MPLABในการเขียน Code โปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

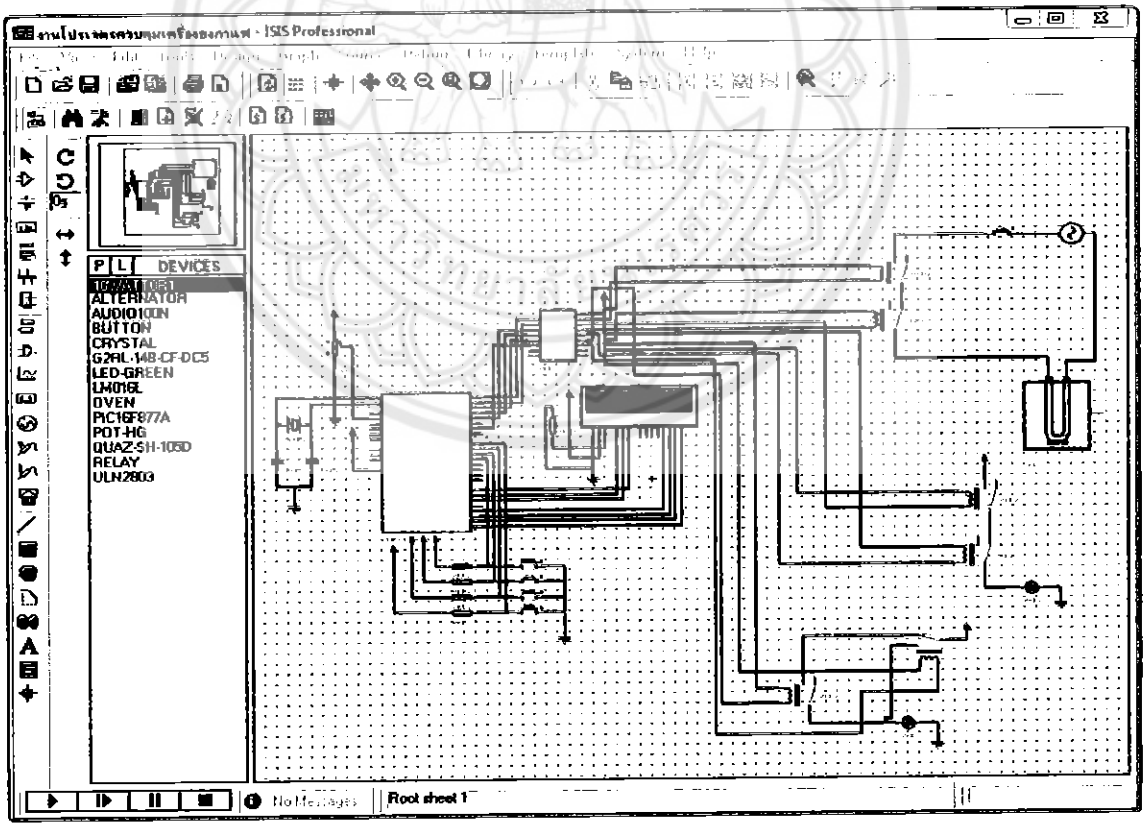
ภายหลัง ในการเขียนเมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จ จะคอมไพเลอร์ออกมาได้เป็น HEX ไฟล์ เพื่อนำไปใส่โปรแกรมจำลองวงจร (Proteus) กลับมาที่โปแกรม Proteus ที่เราสร้างวงจรของเราไว้ตั้งแต่ต้น คลิกที่ และคลิกซ้ายที่ตัว CPU PIC16F877A จะปรากฏไดอะล็อกบล็อก Edit Component ขึ้นมา ที่ช่อง Program File ให้คลิกที่ เพื่อเลือก HEX file ที่เราได้สร้างขึ้นมา และที่ช่อง Clock Frequency ให้เราใส่ค่าความถี่ที่เราใช้ ความถี่นี้ต้องเท่ากับความถี่ที่เรากำหนดไว้ในการเขียน Code โปรแกรม เสร็จแล้วคลิก OK ต่อไปให้เราทดลอง RUN เพื่อดูผลการทำงานของ CPU



รูปที่ ก.8 แสดงขั้นตอนการนำ HEX ไฟล์เข้าสู่โปรแกรม Proteus



รูปที่ ก.9 แสดงขั้นตอนการ Run ทดสอบโปรแกรม



รูปที่ ก.10 โปรแกรมการจำลองวงจรของ Proteus

ภาคผนวก ข

โค้ดโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

Code โปรแกรมในการควบคุม

```
#include<16F877A.h>                    //ไดเวอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์
#define CLOCK_SP 10000000              //กำหนดสัญญาณนาฬิกาความถี่เป็น  10 MHz
#fuses HS                              //เรียกฟังก์ชันกระแสเป็นกระแสตรง
#fuses NOLVP,NOWDT                     //ฟังก์ชันนับเวลาและกำหนดกระแสไฟขั้นต่ำ
#fuses NOPROTECT                       //ฟังก์ชันสามารถแก้ไขโค้ดได้
#device ADC=10                         //เก็บค่าบิตจำนวน  10 บิต
#use delay(clock=CLOCK_SP)             //นับเวลานาฬิกาในตัวเอง
#use fast_io(A)                        //ส่งข้อมูลเข้าและออกทางพอรต์ A
#include"lcd.c"                        //ไดเวอร์ของจอแสดงผล
#define Vbe 0.004887585532746823069403714565004 9  //ค่าคงที่ของความต่างศักย์
void main(void){                       //ฟังก์ชันควบคุมหลัก
      int16 value;                     //เก็บค่า  Value จำนวน 16 บิต
      float volt;                      //เก็บค่า  Volt เป็นจำนวนทศนิยม
      float temp;                      //เก็บค่า temp เป็นจำนวนทศนิยม
  int sw1,sw2,sw3,sw4,sw5;             //เก็บสวิตช์ เป็นค่า อินพุตแสดงเป็นจำนวนเต็ม
      lcd_init();                      //ฟังก์ชันเรียกใช้งานจอแสดงผล
      setup_port_a(ALL_ANALOG);        //เซตให้ขา A เป็นอนาล็อก
  setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);       //เซตให้นับเวลาภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์
      set_adc_channel(1)               ;//ส่งข้อมูลของเทอร์มิสเตอร์เข้าออกทางขา A1
      lcd_gotoxy(1,1);                 //แสดงผลทางจอแสดงผลที่ บรรทัดที่ 1 ตำแหน่งที่ 1
  printf(lcd_putc,"Espresso Machine"); //จอแสดงผลทางจอภาพว่า "Espresso Machine"
  delay_ms(3000);                      //หน่วงเวลา 3 วินาที
  lcd_putc("\f");                      //หลังจากแสดงแล้วเซตหน้าจอใหม่

  do//ฟังก์ชันการวนซ้ำ
```

```
{
  sw2=input(PIN_C1);                          //สวิตช์หมายเลข 2 เป็นค่าอินพุตที่ขา C1
  sw1=input(PIN_C0);                          //สวิตช์หมายเลข 1 เป็นค่าอินพุตที่ขา C0
  sw3=input(PIN_C2);                          //สวิตช์หมายเลข 3 เป็นค่าอินพุตที่ขา C2
  sw4=input(PIN_C3);                          //สวิตช์หมายเลข 4 เป็นค่าอินพุตที่ขา C3
  sw5=input(PIN_C4);                          //สวิตช์หมายเลข 5 เป็นค่าอินพุตที่ขา C4
  value=Read_ADC();              //อ่านข้อมูลของเทอร์มิสเตอร์เข้าออกที่ขา A1
  volt=Vbe*(float)value;      //แปลค่า value เป็นค่าทศนิยมและมาคูณกับค่าคงที่ Vbe
  temp=28*(float)volt;        //แปลเลข 28 เป็นทศนิยมแล้วคูณกับค่า Volt
  lcd_gotoxy(1,1);                        //แสดงผลทางจอภาพที่บรรทัดที่ 1 ตำแหน่งที1
  printf(lcd_putc,"TEMP=%1.2f",temp);      //แสดงผลทางหน้าจอที่เทอร์มิสเตอร์สามารถอ่านค่าได้
  lcd_putc(223);                           //แสดงลูกน้ำต่อจากค่าอุณหภูมิ
  lcd_putc("C ");                         //แสดงตัวอักษรซีต่อจากลูกน้ำจะกลายเป็นองศาเซลเซียล
  lcd_gotoxy(1,2);                         //แสดงผลทางจอภาพที่ตำแหน่งที่ 1 บรรทัดที่ 2
     if(temp>=105.00)                        //เงื่อนไขเมื่ออุณหภูมิเกิน 105
     {
        output_low(PIN_B0);                  //ส่งสัญญาณลอจิก 0 ตัดไฟวงจรฮีตเตอร์
        lcd_putc("Ready!!       ");          //แสดงข้อความออกมาว่า Ready
     }
     else if(102.00<temp<105.00)             //เงื่อนไขเมื่ออุณหภูมิอยู่ในช่วง 102-105
     {
     output_low(PIN_B0);                    //ยังไม่ส่งสัญญาณให้ฮีตเตอร์ทำงาน
     }
     else                                   //ถ้าไม่ได้อยู่ในเงื่อนไขทั้ง 2 อย่างแรกให้ฮีตเตอร์ทำงาน
    {
     output_high(PIN_B0);                   //ส่งสัญญาณไปยังฮีตเตอร์ให้ทำงาน
     }
```

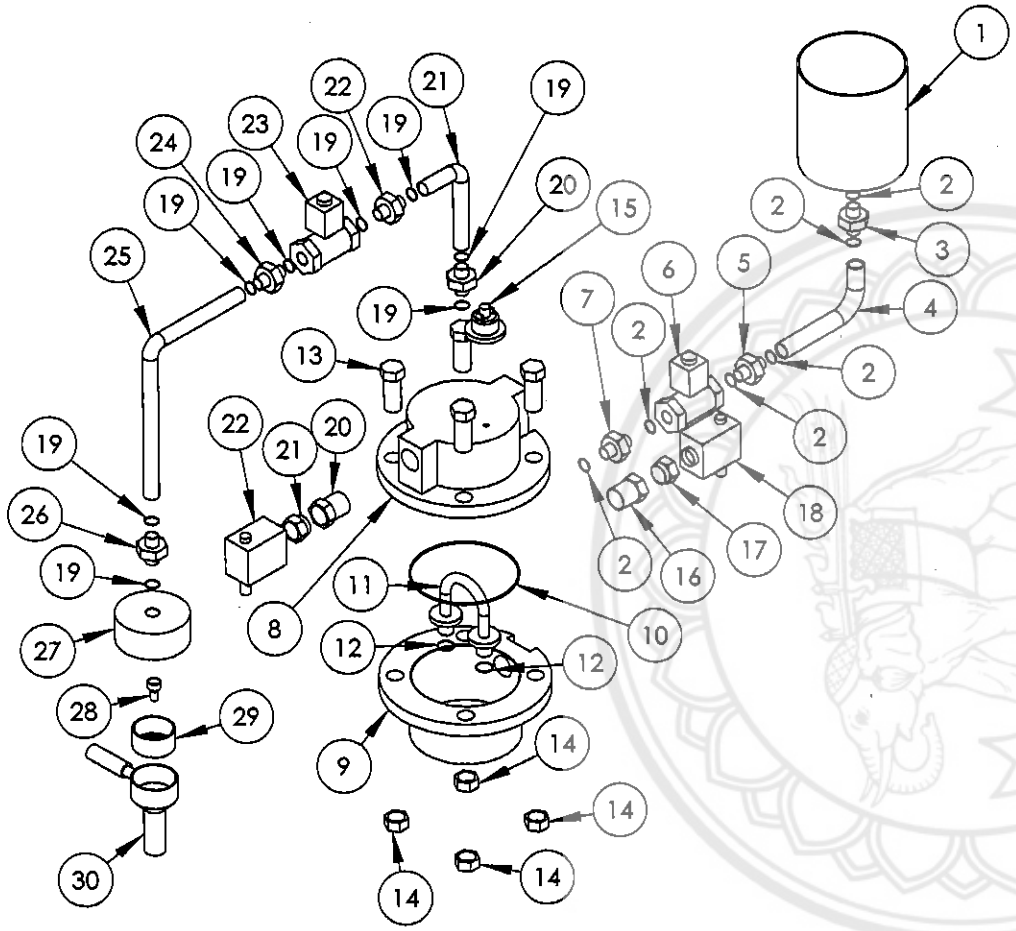
```
      if(!sw1)                                  //เงื่อนไขเมื่อกดสวิตช์ปล่อยน้ำ
      {
         output_high(PIN_B1);          //ให้โซลินอยด์วาล์วที่ตำแหน่งปล่อยน้ำทำการปล่อยน้ำได้

         output_high(PIN_B2);          //ให้โซลินอยด์วาล์วที่ตำแหน่งปล่อยไอน้ำทำการไล่อากาศออกิ
      }
      if(!sw2)                                  //เงื่อนไขเมื่อกดสวิตช์ปล่อยไอน้ำ
      {
         output_high(PIN_B2);          //ส่งสัญญาณให้โซลินอยด์วาล์วปล่อยไอน้ำได้เมื่อได้กด
สวิทช์
      }
     if(!sw3)                                   //เงื่อนไขเมื่อระดับน้ำเพิ่มมาถึงสวิตช์ระดับน้ำตัวล่างทำงาน
     {
        output_high(PIN_B3);           //สั่งให้ฮีตเตอร์ทำการต้มน้ำได้
        lcd_putc("Boling   ");         //แสดงผลทางจอภาพว่า Boling
     }
    Else                                        //เงื่อนไขสวิตช์ระดับน้ำตัวล่างระดับยังไม่เพิ่มมาถึงยังไม่ทำงาน
    {
        output_low(PIN_B3);            //ฮีตเตอร์ยังไม่ทำงาน
        output_low(PIN_B2);            //สั่งให้โซลินอยด์วาล์วหยุดการปล่อยไอน้ำ
        lcd_putc("add water      ");  //แสดงข้อความให้เติมน้ำใหม่ add water
    }
    if(!sw4)                                    //สวิตช์ความดันทำงาน
     {
        output_high(PIN_B4);           //ส่งสัญญาณตัดไฟฮีตเตอร์ให้หยุดทำงาน

    }
```

```
    else
    {
        output_low(PIN_B4);          //เมื่อความดันในหม้อไอน้ำยังไม่เกินฮีตเตอร์ยังคงทำการต้มน้ำได้
อยู่
    }
    if(!sw5)                         //เมื่อสวิตช์ระดับน้ำตัวบนทำงาน
    {
        output_low(PIN_B1);          //โซลินอยด์วาล์วหยุดการปล่อยเมื่อระดับเพิ่มมาถึงสวิตช์น้ำตัวบน
    }

        }while(TRUE);                //ให้วนคำสั่งเรื่อยๆไม่รู้จบ

}
```

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ค

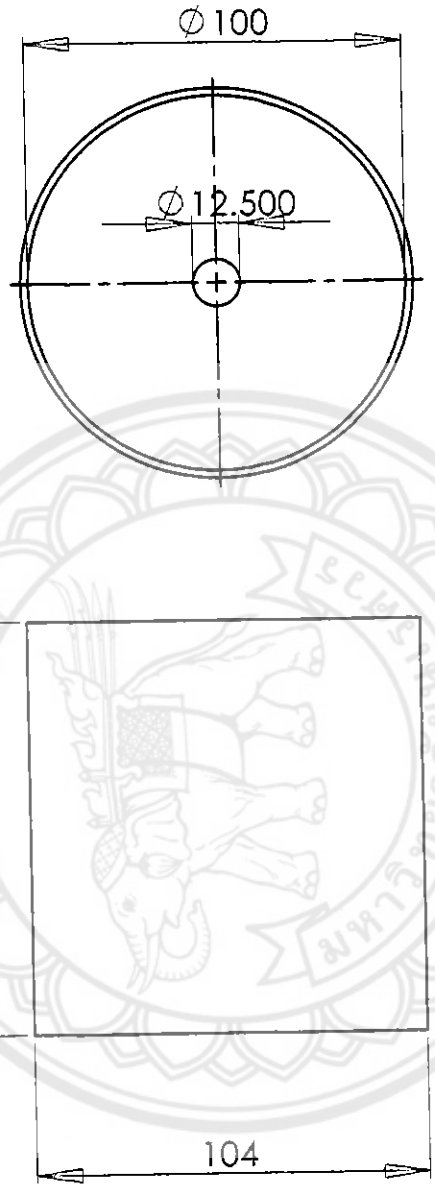
แบบเครื่องชงกาแฟเอสเพรสโซ่



ลำดับ	อุปกรณ์
1	ถังเก็บน้ำ
2	Seal ท่อน้ำ
3	ข้อต่อ-ถังเก็บน้ำกับท่องอ
4	ท่องอน้ำ
5	ข้อต่อ-ท่องอกับโซลินอยด์
6	โซลินอยด์ วาล์ว
7	ข้อต่อ-โซลินอยด์กับหม้อไอน้ำ
8	ฝาหม้อไอน้ำส่วนบน
9	ฝาหม้อไอน้ำส่วนล่าง
10	Seal หม้อไอน้ำ
11	ฮีตเตอร์
12	seal ฮีตเตอร์
13	Bolt M16
14	Nuts M16
15	สวิตช์ความดัน
16	เกลียวสวมนอก
17	เกลียวสวมใน
18	Body Switch
19	Seal ท่อไอน้ำ
20	ข้อต่อ-หม้อไอน้ำกับท่องอไอน้ำ
21	ท่องอไอน้ำสั้น
22	ข้อต่อ-ท่องอไอน้ำกับโซลินอยด์
23	โซลินอยด์ วาล์ว
24	ข้อต่อ-โซลินอยด์กับท่องอ
25	ท่องอไอน้ำยาว
26	ข้อต่อ-ท่องอกับห้องกรอง
27	ห้องกรอง
28	Nozzle
29	ถ้วยกรอง
30	ด้ามจับรองถ้วยกาแฟ

รูปที่ ค.1 ภาพโดยรวมของเครื่องชงกาแฟ

ภาพรวมเครื่องชงกาแฟ
scale 1:5

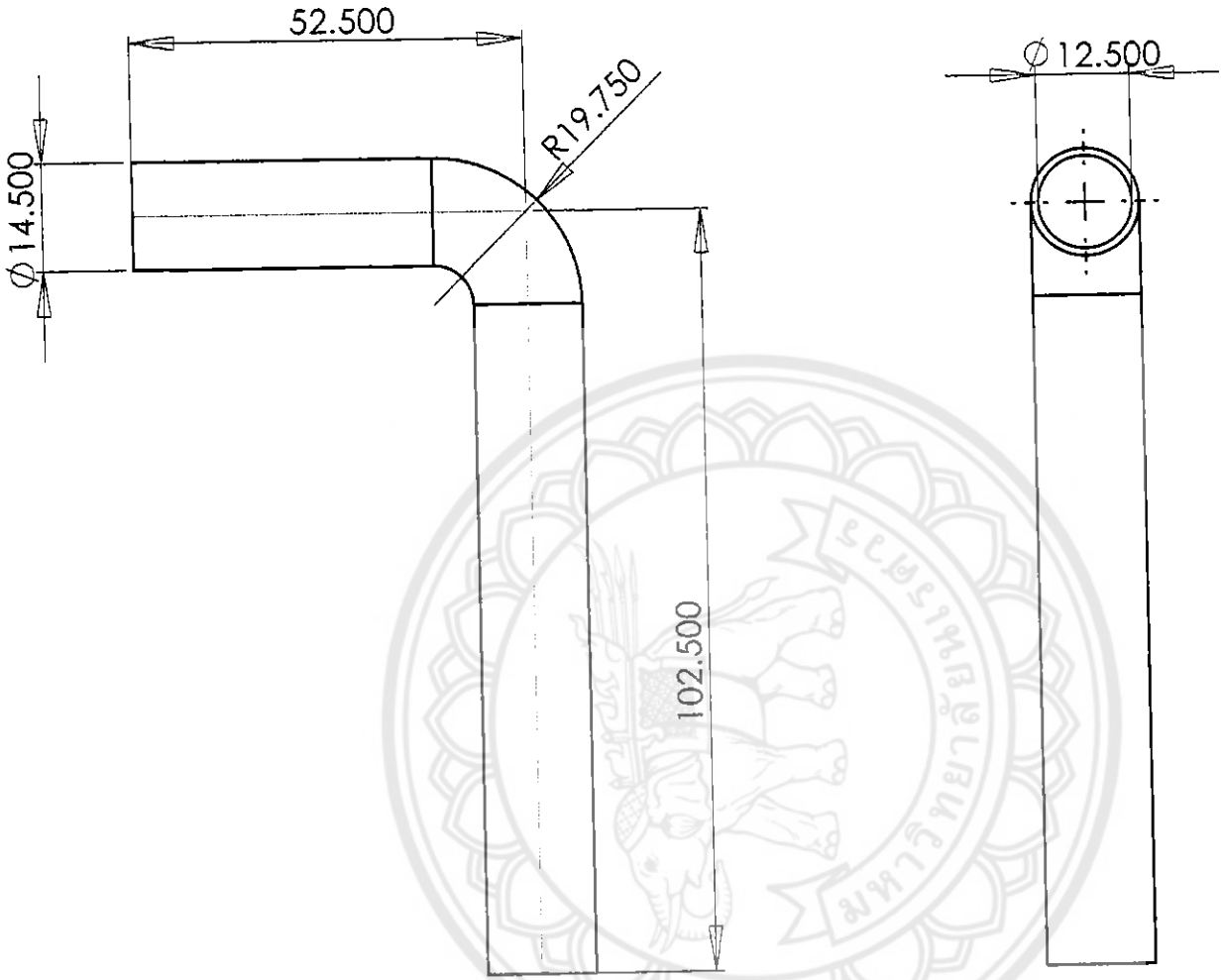


รูปที่ ค.2 ถังเก็บน้ำ

1.ถังเก็บน้ำ
SCALE 1:2

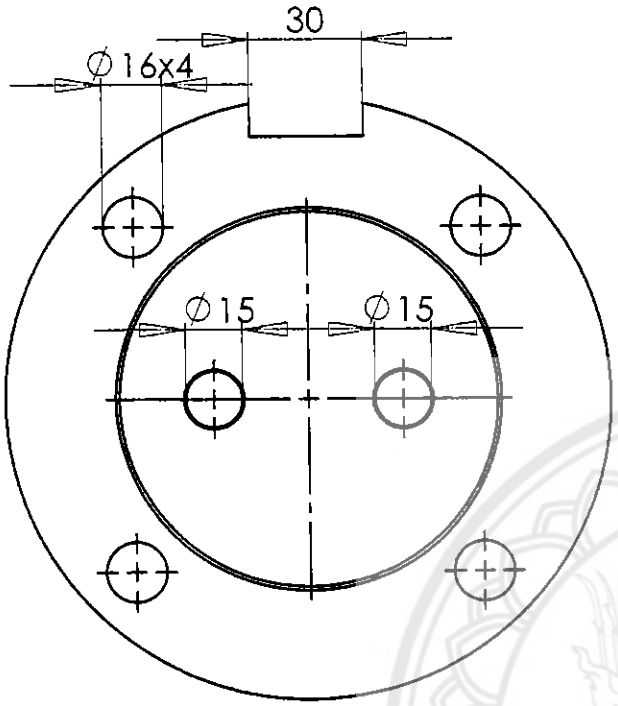
รูปที่ ค.3 ข้อต่อทองเหลืองสำหรับเชื่อมท่อน้ำ

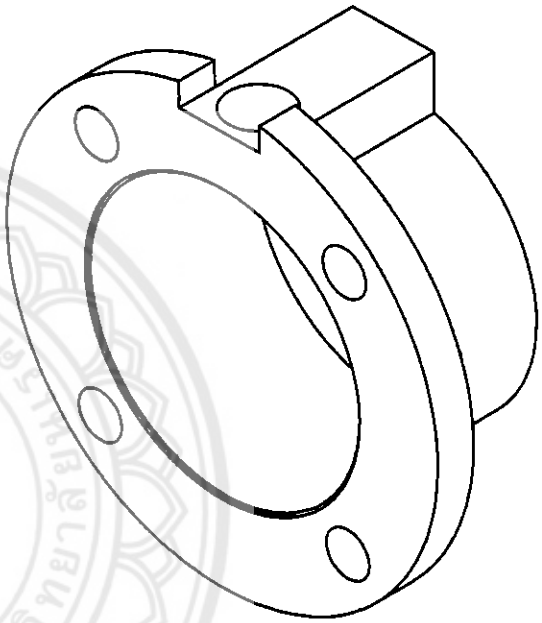
ข้อต่อ	SCALE 2:1



รูปที่ ค.4 ท่องอน้ำ

4.ท่องอน้ำ
SCALE 1:1





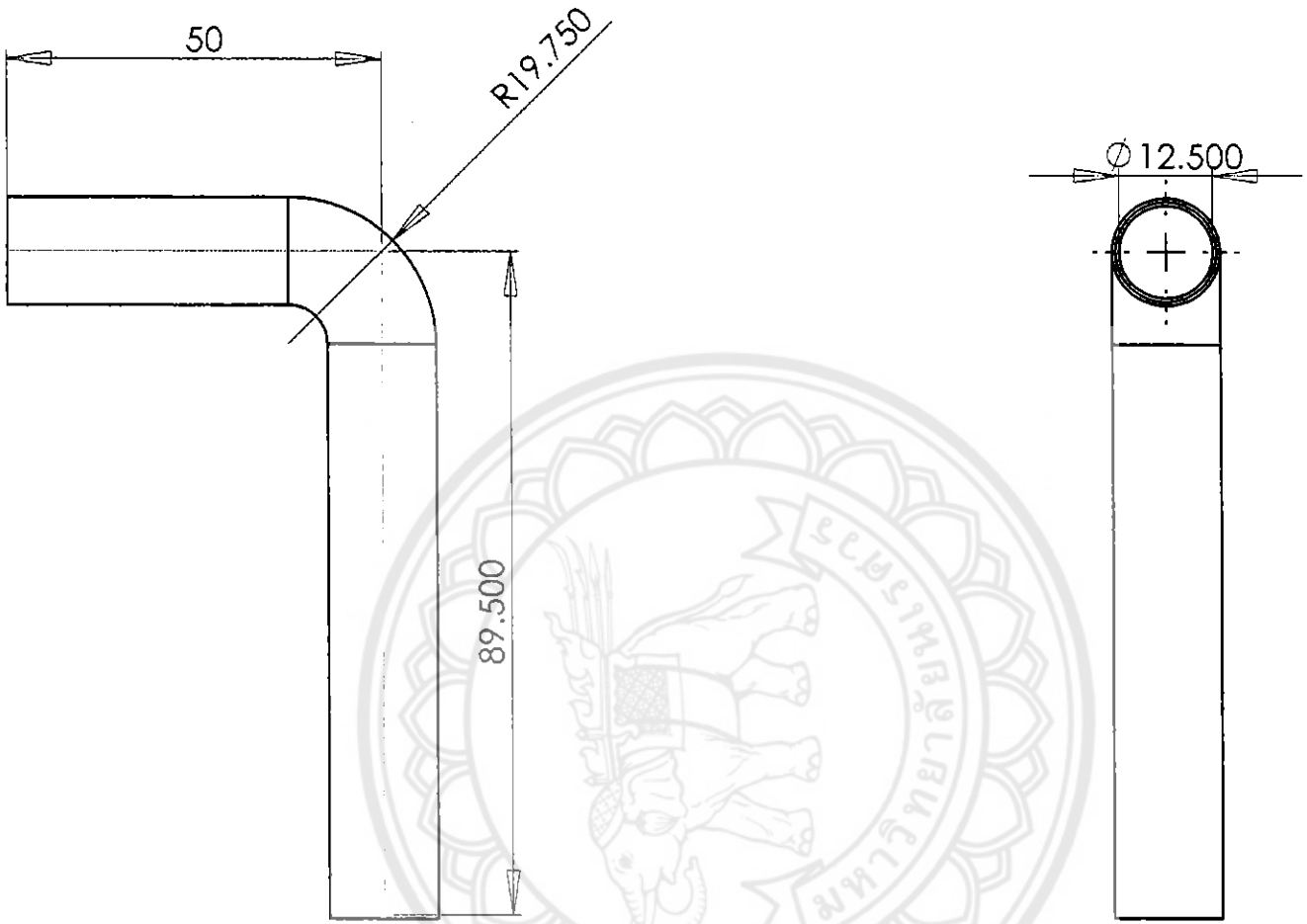
รูปที่ ค.5 ฝาหม้อไอน้ำส่วนล่าง

8.ฝาหม้อไอน้ำส่วนล่าง
SCALE 1:2

แบบยึดโคมไฟส่องสนาม

SCALE 1:2

รูปที่ ก.6 แบบยึดโคมไฟส่องสนาม

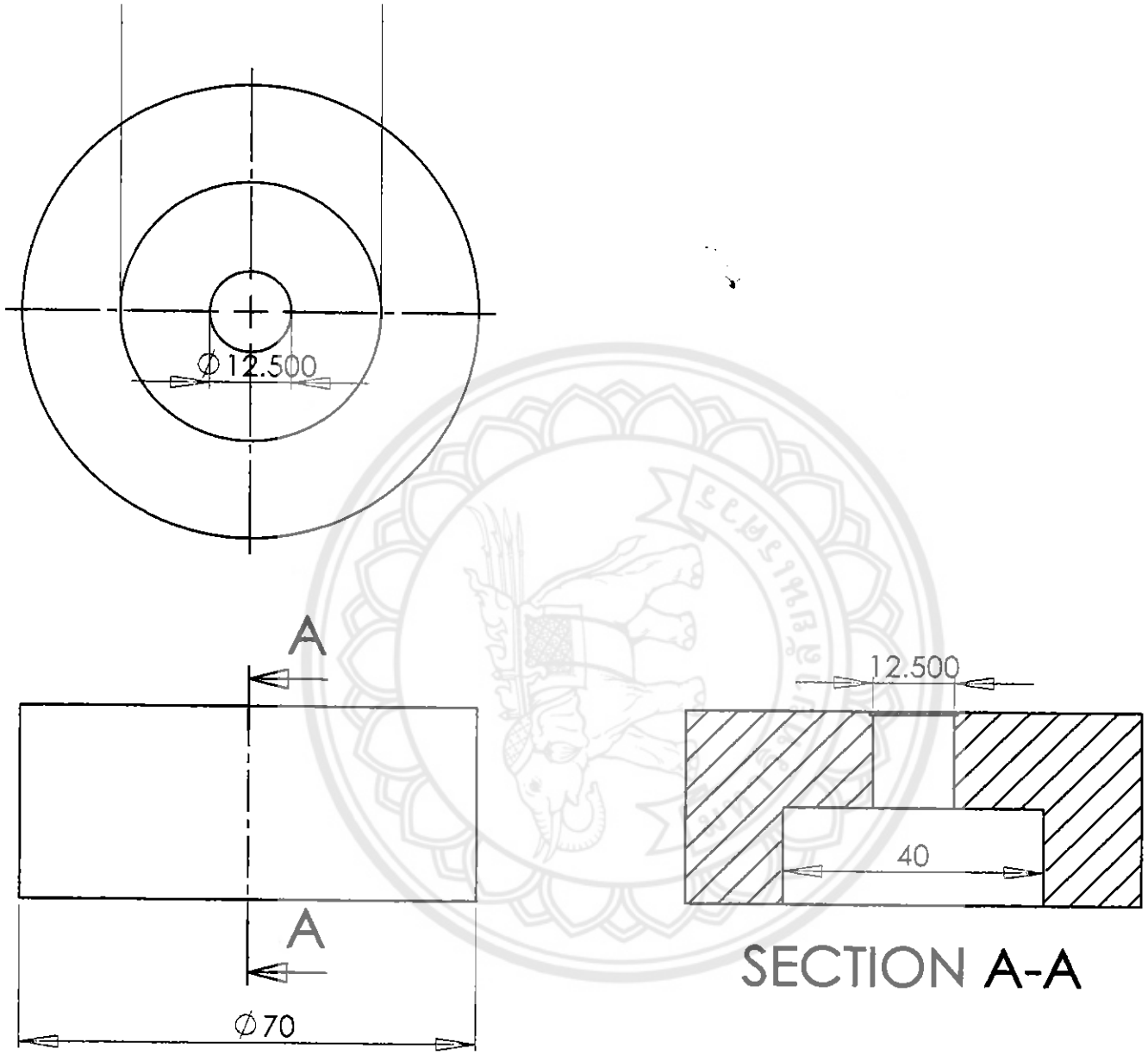


รูปที่ ค.7 ท่องอไอน้ำสั้น

21.ท่องอไอน้ำสั้น
SCALE 1:1

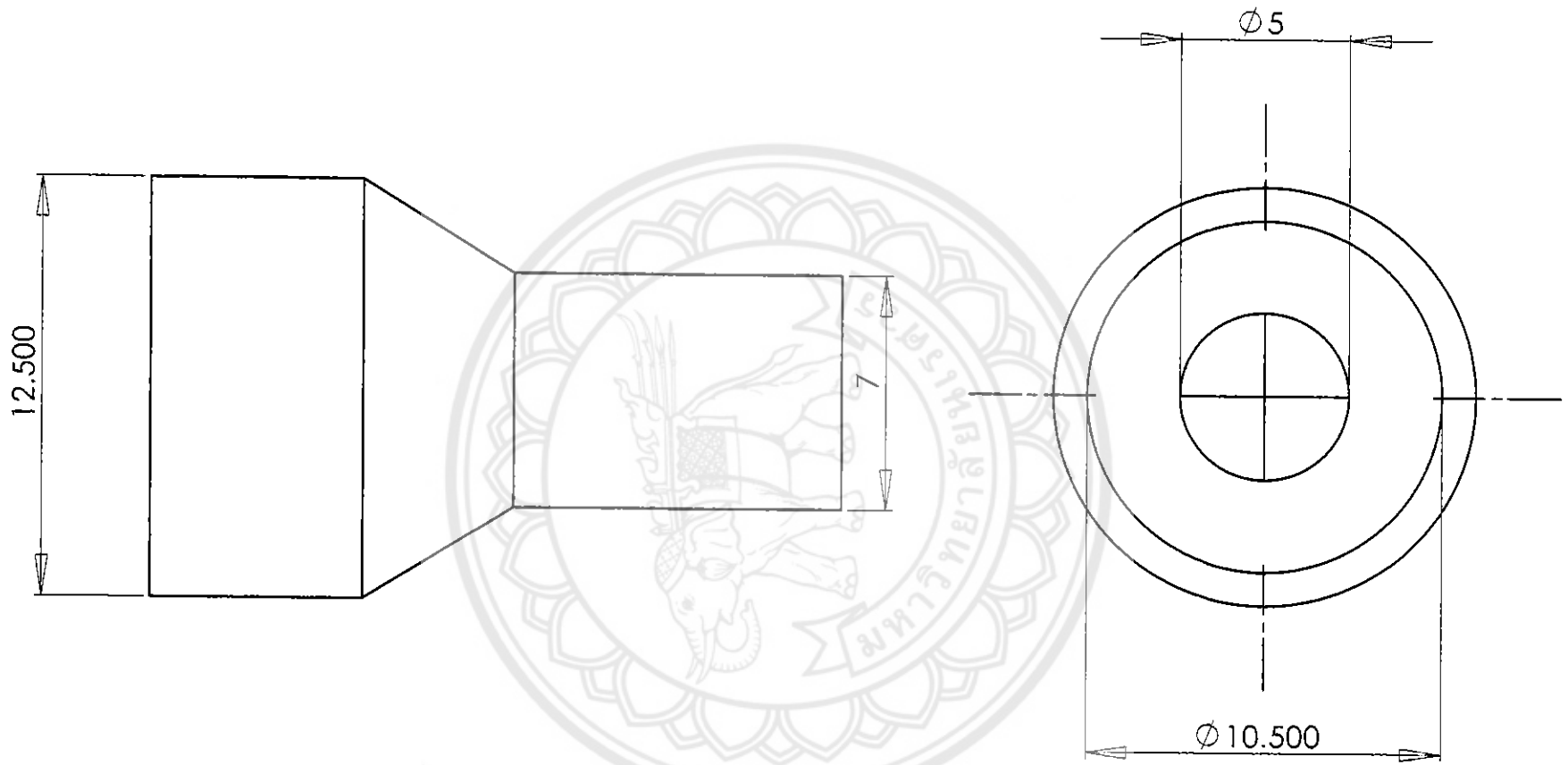
รูปที่ ค.8 ท่อน้ำยาง

25.ท่อน้ำยาง	SCALE 1:1



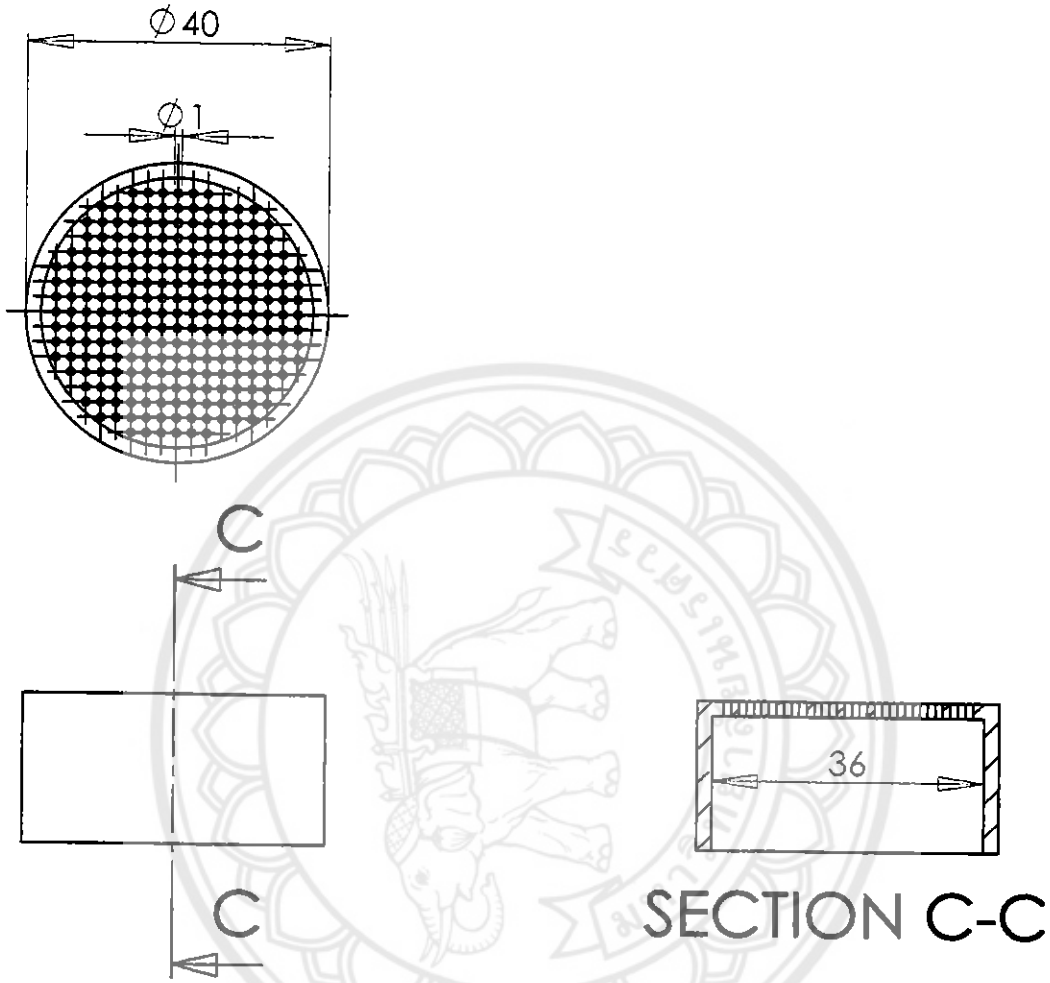
รูปที่ ค.9 ห้องกรอง

27.ห้องกรอง
SCALE 1:1



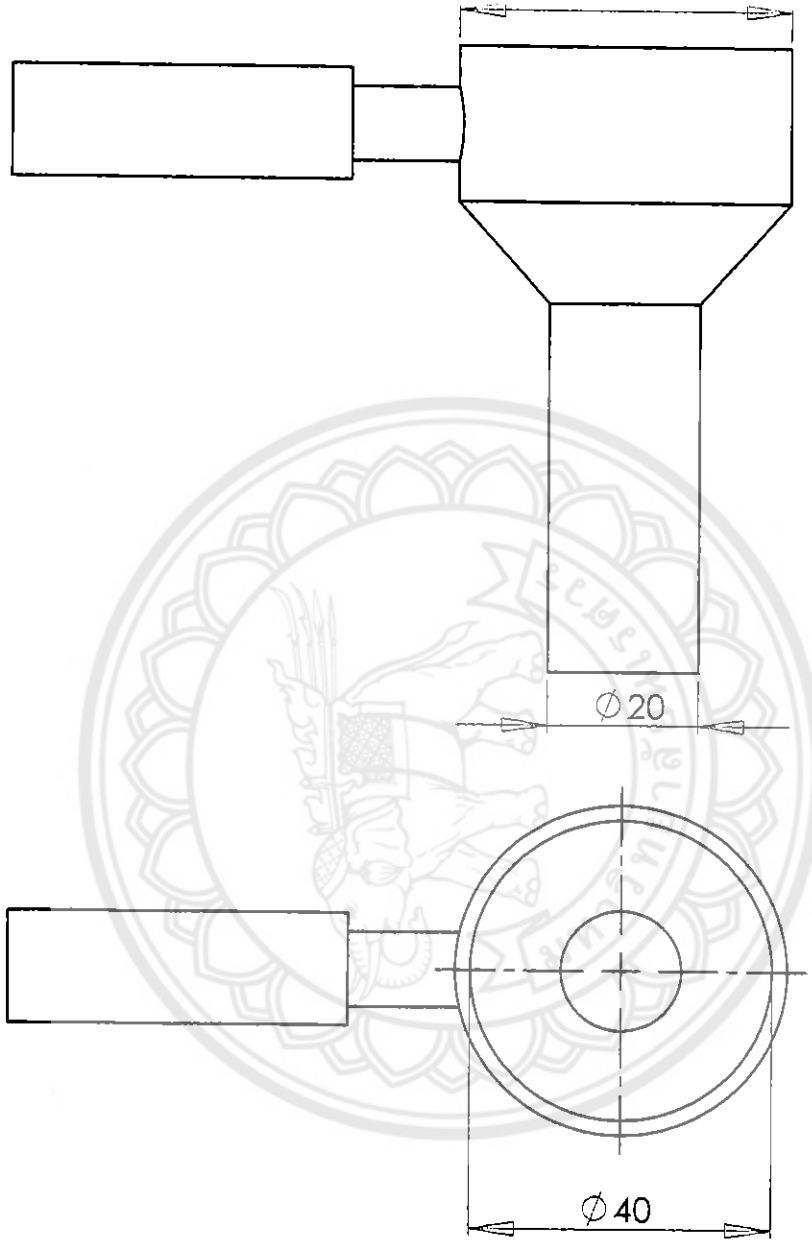
รูปที่ ค.10 Nozzle

28.Nozzle
SCALE 5:1



รูปที่ ค.11 ถ้วยกรองกาแฟ

29.ถ้วยกรองกาแฟ
SCALE 1:1



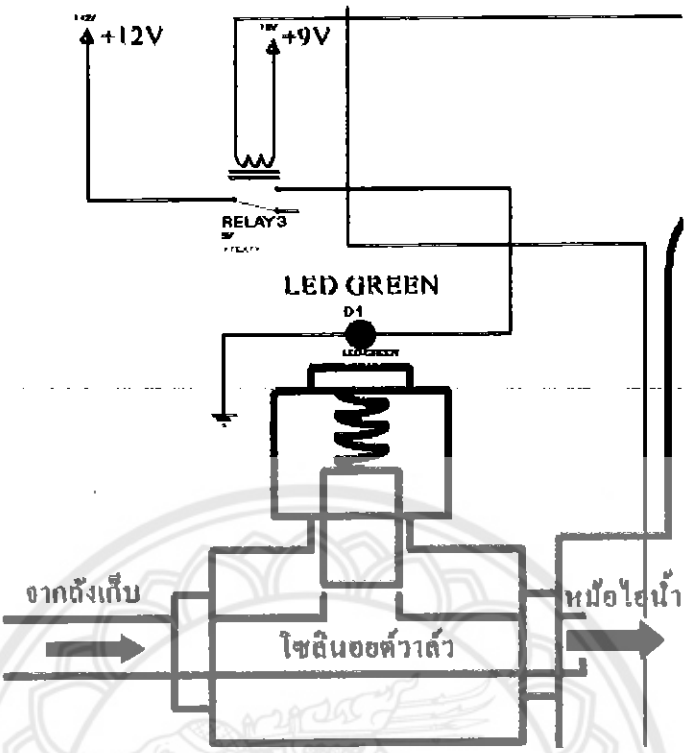
รูปที่ ค.12 ด้ามจับรองถ้วยกาแฟ

30.ด้ามจับรองถ้วยกาแฟ
SCALE 1:1

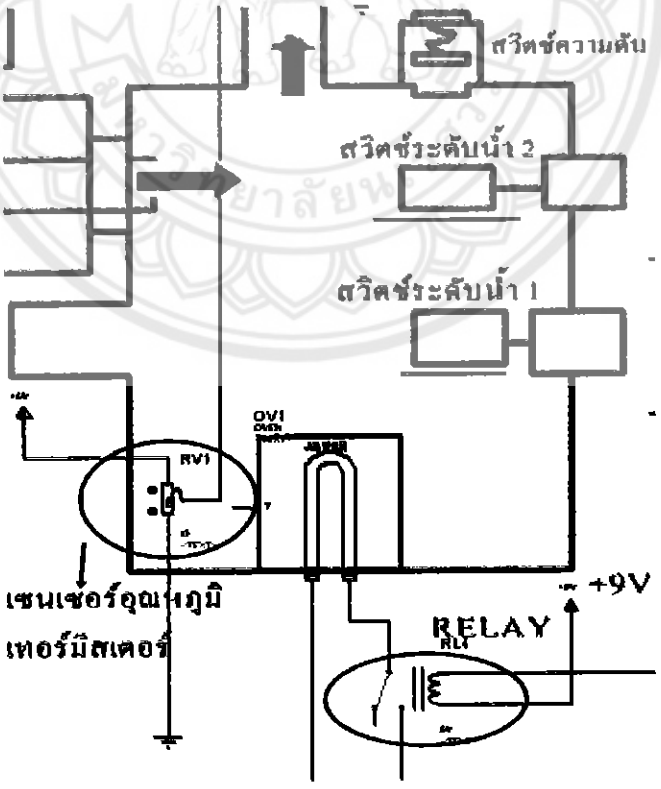
ภาคผนวก ง

วงจรควบคุมการทำงาน

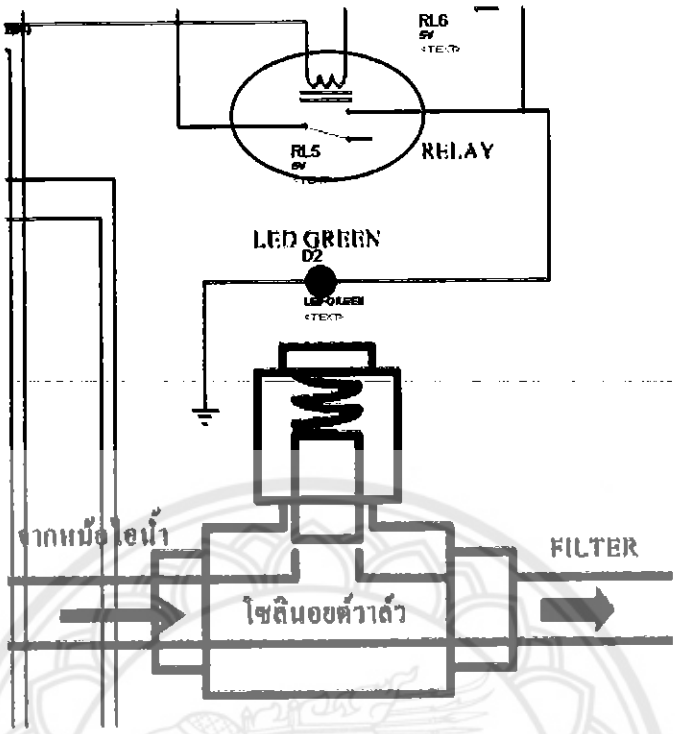
รูปที่ 3.1 วงจรควบคุมการทำงานของเครื่องกลึงไม้



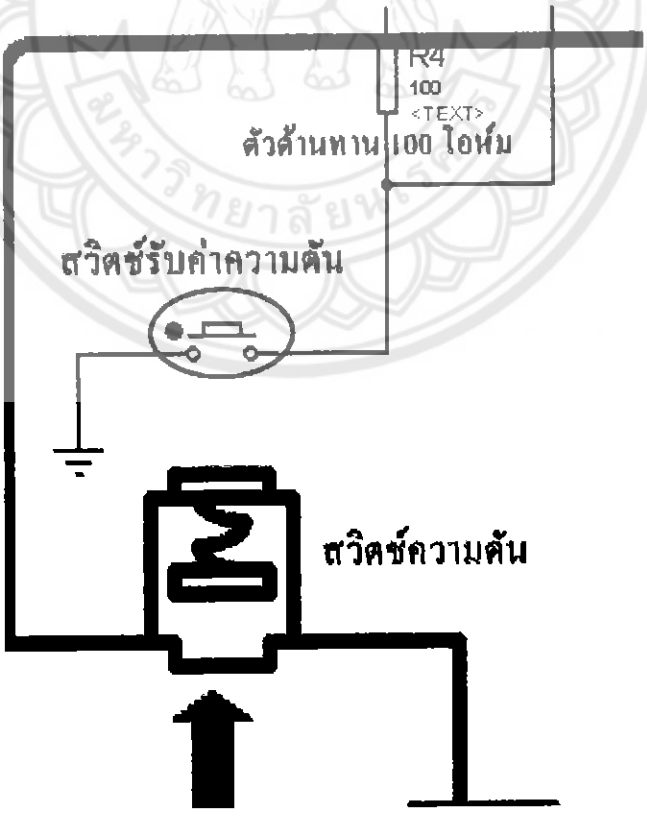
รูปที่ ง.2 วงจรควบคุมการปล่อยน้ำ



รูปที่ ง.3 วงจรควบคุมฮีตเตอร์



รูปที่ ง.4 วงจรควบคุมการปล่อยไอน้ำ



รูปที่ ง.5 วงจรควบคุมความปลอดภัย