

ต้นแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกขนาดเล็ก



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2/2562



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชื่อโครงการ ต้นแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกขนาดเล็ก

(Prototype of small scale Paddy dryer)

ชื่อนักศึกษา นางสาว จิตรลดา ปทุมานันท์

นาย ณัฐวุฒิ ราชณะสุข

นาย สมนึก มุ่งกลีบกลาง

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ผศ.ดร.กระวี ตรีอำนรรค

บทคัดย่อ

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาและออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกขนาดเล็ก โดยทั่วไปความชื้นในข้าวหลังจากการเก็บเกี่ยวเมล็ดจะมีความชื้นอยู่ที่ประมาณ 20-25% เป็นความชื้นที่สูง เกิดจากการจัดเก็บเมล็ดข้าวเปลือก มีผลทำให้ข้าวเสื่อมคุณภาพ เช่น เกิดข้าวเน่า ข้าวบูด ข้าวเหลือง ข้าวมีคุณภาพการสีต่ำ เมล็ดพันธุ์เสื่อมความงอกเร็ว จึงต้องทำการลดความชื้นของเมล็ดข้าวให้เหลือประมาณ 12-15% เพื่อให้เหมาะสำหรับการรักษา ต้นแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกขนาดเล็กจะถูกออกแบบใช้อากาศร้อนเป็นตัวไล่ความชื้นและใช้ลมเป็นพาหะในการนำความชื้นออกจากเมล็ดข้าวปริมาณข้าวคือ 20 กิโลกรัม โครงสร้างจะถูกออกแบบให้รองรับข้าวเปลือกน้ำหนัก 20 กิโลกรัมได้ การสร้างแบบและจำลองการทำงานของกลไก จะใช้โปรแกรม Solid works ก่อนจะนำมาสร้างเป็นต้นแบบ เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกขนาดเล็กเพื่อใช้งานจริง ผลที่ได้จากโครงการคือสามารถนำแบบจำลอง เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกให้สามารถทำงานได้จริง

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Title: Prototype of a Small-Scale Paddy Dryer

Authors: Miss จิตรลดา ปทุมานันท์

Mister Nattiwut Rayanasukha

Mister สมนึก มุ่งกลีบกลาง

Advisor: Asst. Prof. Dr. Krawee Treemnuak

Abstract

The purpose of this project were to examine and design the prototype of a small scale paddy dryer. The general humidity of paddy after harvesting is around 20-25%. This is considered as in high percentage which caused by paddy storage. It leads paddy become spoiled and rancid, poor in color quality, low quality of rice after milling and lack of possibility in germination. As a result, the authors decided to study how to decrease the humidity of paddy to 12-15% by inventing a small-scale paddy dryer which is able to contain 20 kilograms of paddy. The paddy dryer uses heat and air as keys to get rid of humidity from paddy. The Solid Works program is applied to create the mechanism in the dryer. The results of this project is the small scale paddy dryer is applicable in decreasing humidity of paddy.

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการต้นแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกขนาดเล็กครั้งนี้จะสำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากได้รับการอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์ ผศ.ดร.กระวี ศรีอำรรค ที่ได้ชี้แนะข้อบกพร่องให้การช่วยเหลือ เกี่ยวกับการดำเนินโครงการด้วยความเอาใจใส่ติดตามงาน ตลอดจนสนับสนุนคณะผู้จัดทำให้มีความสามารถในการทำงานจนสำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคุณพ่อของ นางสาว จิตรลดา ปทุมานันท์ ที่ให้การสนับสนุนและเอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับทำโครงการนี้ เครื่องมือต่างๆที่จำเป็นต้องใช้ในการดำเนินงาน

คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณทุกๆ ท่านที่ได้กล่าวไปแล้ว ณ ที่นี้ สำหรับคุณค่าและประโยชน์ของโครงการนี้ ขออุทิศให้แก่อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่คณะผู้จัดทำ



จิตรลดา ปทุมานันท์

ณัฐวุฒิ ราชณะสุข

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สภานัก มุ่งกลีบกลาง

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

| | หน้า |
|---|----------|
| บทคัดย่อ | ก |
| Abstract | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | ง |
| สารบัญตาราง | ฉ |
| สารบัญรูปภาพ | ช |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| ที่มาและความสำคัญ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 1 |
| ขอบเขตของโครงการ | 1 |
| แผนการดำเนินงาน | 2 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง | 3 |
| Blower | 3 |
| Heater | 4 |
| Arduino Uno r3 | 5 |
| มอเตอร์ขับเคลื่อน | 12 |
| Inverter | 14 |
| Switching Power Supply 12V | 16 |
| DHT22 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ+ความชื้น | 22 |
| โมดูลสวิทช์กดติดปล่อยดับ 4 ปุ่ม 4 สี สำหรับ Arduino | 24 |
| 20x4 LCD+I2C Interface with backlight | 24 |



โรงเรียนวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| ข้าว | 34 |
| โครงสร้างของเมล็ดข้าว | 35 |
| ปัจจัยที่มีผลต่อราคาข้าว | 36 |
| การอบแห้ง | 36 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการทำโครงการ | 47 |
| การออกแบบต้นแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกขนาดเล็กโดย SolidWorks | 47 |
| อุปกรณ์หลัก | 47 |
| ขั้นตอนการทำงาน | 48 |
| หลักการทำงาน | 50 |
| การคำนวณความชื้นข้าว | 50 |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล | 51 |
| บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ | 53 |
| สรุปผลการทำโครงการ | 53 |
| ผลที่ได้จากการคำนวณและการทดลอง | 53 |
| ปัญหาที่พบเจอ | 53 |
| ข้อเสนอแนะ | 53 |
| เอกสารอ้างอิง | 55 |
| ภาคผนวก | 56 |
| ประวัติผู้เขียน | 73 |



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

| | หน้า |
|--|-------|
| ตารางที่ 2.1 Specification ของ Board Arduino Uno R3 | 9 |
| ตารางที่ 2.2 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ Arduino UNO R3 | 29 |
| ตารางที่ 2.3 ตารางขาของจอ LCD 16x2 แบบขนาน | 31 |
| ตารางที่ 2.4 ตารางขาของจอ LCD 16x2 แบบขนาน | 32 |
| ตารางที่ 2.5 จะแบ่งความชื้นในวัตถุบิออกตามสภาพของความชื้น | 39 |
| ตารางที่ 2.6 สมดุลความร้อนของเครื่องอบกับประสิทธิภาพความร้อน | 43 |
| ตารางที่ 3.1 รายการอุปกรณ์หลัก | 47-48 |
| ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการวัดน้ำหนักข้าว | 51 |



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ

| | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ 2.1 Blower | 3 |
| รูปที่ 2.2 รูป ฮีตเตอร์ชนิดต่างๆ | 4 |
| รูปที่ 2.3 Heater | 5 |
| รูปที่ 2.4 Layout & Pin out Arduino Board | 6 |
| รูปที่ 2.5 Board Arduino Uno R3 ด้านบน | 7 |
| รูปที่ 2.6 Board Arduino Uno R3 ด้านล่าง | 7 |
| รูปที่ 2.7 เปรียบเทียบ Board Arduino Uno R2 กับ Board Arduino Uno R3 | 8 |
| รูปที่ 2.8 Board Arduino Uno R3 แต่ชิปต่างกัน ช่ายชิป SMD ขาวชิป DIP | 8 |
| รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบหลักของบอร์ด Arduino UNO R3 | 9 |
| รูปที่ 2.10 ชิปของบอร์ด Arduino UNO R3 | 10 |
| รูปที่ 2.11 Pin ที่เป็นสัญญาณ Digital ของบอร์ด Arduino UNO R3 | 10 |
| รูปที่ 2.12 Pin ที่เป็นสัญญาณ Analog ของบอร์ด Arduino UNO R3 | 10 |
| รูปที่ 2.13 Pin ที่เป็น Power ของบอร์ด Arduino UNO R3 | 11 |
| รูปที่ 2.14 Socket ของบอร์ด Arduino UNO R3 | 11 |
| รูปที่ 2.15 Socket ของบอร์ด Arduino UNO R3 | 11 |
| รูปที่ 2.16 ปุ่ม Resetของบอร์ด Arduino UNO R3 | 11 |
| รูปที่ 2.17 Board Arduino Uno r3 | 12 |
| รูปที่ 2.18 มอเตอร์ | 12 |
| รูปที่ 2.19 การทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้า | 13 |
| รูปที่ 2.20 เฟือง | 13 |
| รูปที่ 2.21 การทำงานของอินเวอร์เตอร์ | 15 |
| รูปที่ 2.22 โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์ | 15 |

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 2.23 Inverter | 16 |
| รูปที่ 2.24 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย | 17 |
| รูปที่ 2.25 แผนผัง Switching Power Supply | 18 |
| รูปที่ 2.26 ภาพวงจร Switching Power Supply | 18 |
| รูปที่ 2.27 วงจรพื้นฐานของ Flyback Converter | 19 |
| รูปที่ 2.28 วงจรพื้นฐานของ Forward Converter | 20 |
| รูปที่ 2.29 วงจรพื้นฐานของ Push - Pull Converter | 20 |
| รูปที่ 2.30 วงจรพื้นฐานของ Half - Bridge Converter | 21 |
| รูปที่ 2.31 วงจรพื้นฐานของ Full - Bridge Converter | 22 |
| รูปที่ 2.32 Switching Power Supply 12V | 22 |
| รูปที่ 2.33 DHT22 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ+ความชื้น | 23 |
| รูปที่ 2.34 โมดูลสวิตช์กดติดปลั๊ก 4 ปุ่ม 4 สี สำหรับ Arduino | 24 |
| รูปที่ 2.35 โครงสร้างภายในจอ LCD | 25 |
| รูปที่ 2.36 จอ LCD 16x2 Character (Parallel) | 26 |
| รูปที่ 2.37 จอ LCD 16x2 Character (I2C) | 27 |
| รูปที่ 2.38 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ Arduino UNO R3 | 28 |
| รูปที่ 2.39 การรับ-ส่งข้อมูลแบบ I2C BUS | 29 |
| รูปที่ 2.40 รายละเอียดการต่อขาจอ LCD 16x2 Character (I2C) | 30 |
| รูปที่ 2.41 การใช้งาน Character LCD กับ Arduino การเชื่อมต่อแบบขนาน | 30 |
| รูปที่ 2.42 แสดงขาของจอ LCD 16x2 แบบอนุกรม (I2C) | 31 |
| รูปที่ 2.43 การเชื่อมต่อระหว่าง Arduino กับ LCD (I2C) | 32 |
| รูปที่ 2.44 โมดูล I2C Serial Interface Board Module | 33 |

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 2.45 การเชื่อมต่อโมดูล I2C Serial Interface Board Module | 33 |
| รูปที่ 2.46 องค์ประกอบเมตซ์ข้าว | 34 |
| รูปที่ 2.47 รูปภาพอัตราเร็วในการอบ | 37 |
| รูปที่ 2.48 เส้นกราฟอัตราเร็วในการอบในช่วงอัตราเร็วลดลง | 41 |
| รูปที่ 2.49 การอบด้วยลมร้อน 2 วิธี | 43 |
| รูปที่ 3.1 แบบคั้นแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกขนาดเล็ก | 47 |
| รูปที่ 3.2 เครื่องคั้นแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกขนาดเล็ก | 48 |
| รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิไฟฟ้า | 49 |



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

ข้าว นับเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรชนิดหนึ่งที่ทำรายได้ให้กับประเทศค่อนข้างมากและเป็นอาหารหลักของประชากรในประเทศ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยนั้นเป็นบริเวณที่มีการเพาะปลูกข้าวเพื่อการบริโภคภายในท้องถิ่นและจำหน่ายเป็นจำนวนมาก

ชาวนารายย่อย พอเกี่ยวข้าวมาได้แล้วก็นำข้าวเปลือกไปตากบนตอซัง ตากบนถนนหรือลานกว้าง 2-3 วันซึ่งจะเกิดการเสียหายได้หลายทาง เช่น ฝนตกหลงฤดู หนู นก ฝุ่นละอองสิ่งสกปรกเจือปน หรือการใช้ถนนเป็นที่ตากข้าว ซึ่งอาจจะทำให้เกิดอุบัติเหตุและความเสียหายได้

การตากข้าว ให้ได้ข้าวเปลือกคุณภาพสูงนั้นจะส่งผลให้ได้ ข้าวเปลือกแห้งที่มีคุณภาพสูง จะส่งผลให้ขายข้าวเปลือกได้ราคาสูงตามไปด้วยเพราะในปัจจุบันเครื่องมือในการทดสอบคุณภาพข้าว ก่อนที่โรงสีจะรับซื้อนั้นสามารถดูได้ว่าข้าวเปลือกที่ใส่เข้าไปนั้นจะออกมาเป็นข้าวสารกี่กรัม ข้าวกล้องรวมกี่กรัม ข้าวปลายหักกี่กรัม ดังนั้นจึงมีการกำหนดราคาจากการรับซื้อข้าว ดังกล่าว บางครั้งการตากข้าว ไม่ดีก็ทำให้ได้

ข้าวเปลือกที่คุณภาพไม่ดีมีความชื้นสูง ข้าวที่มีคุณภาพดีตรงกับความต้องการของตลาดจะสามารถขายได้ราคาสูง อย่างไรก็ตามพบว่าข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวมาส่วนใหญ่ก็มีความชื้นค่อนข้างสูงคือประมาณ 20 – 25 % ซึ่งอาจเกิดความเสียหายจากเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษา หรืออาจส่งผลให้ข้าวสารมีสีเหลืองเนื่องจากความร้อนซึ่งเกิดจากการหายใจของข้าวเปลือกดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องลดความชื้นหรืออบแห้งข้าวเปลือกให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษา โดยปราศจากการทำลายของแมลงและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งปกติจะต้องอบจนความชื้นของข้าวเปลือกลดลงถึงประมาณ 12-15 %

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกขนาดเล็ก
2. เพื่อประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกขนาดเล็ก

ขอบเขตของโครงการ

1. จำลองออกแบบให้เครื่องรับน้ำหนักข้าวได้ 20 กิโลกรัม
2. ควบคุมการทำงานด้วย Arduino
3. แหล่งพลังงานใช้ไฟฟ้าแรงดัน 220 โวลต์
4. ใช้ฮีตเตอร์ให้ความร้อนไล่ความชื้น
5. ใช้ Blower ในการลำเลียงและนำพาความชื้น
6. ใช้โปรแกรม Solid works ในการออกแบบจำลองการทำงาน

แผนการดำเนินงาน

1. สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบโครงสร้างต้นแบบเครื่องลดความชื้นในข้าวขนาดเล็ก
3. ออกแบบและสร้างแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Solid works
4. List อุปกรณ์ในการสร้างต้นแบบเครื่องลดความชื้นขนาดเล็ก
5. เบิกเงินและจัดซื้อ
6. ดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องลดความชื้นในข้าวขนาดเล็ก
7. ปรับปรุงแบบ
8. สรุปงานและเขียนรายงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ต้นแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกขนาดเล็ก จะสามารถช่วยลดเวลาในการไล่ความชื้นออกจากเมล็ดข้าวได้ และเพื่อช่วยเหลือเกษตรกรในการจัดเก็บเมล็ดข้าวเปลือกได้ดียิ่งขึ้น



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2

ทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

Blower

พัดลมแรงเหวี่ยง หรือพัดลมหอยโข่ง มีชื่อมาจากลักษณะการทำงานของมัน เป็นพัดลมที่ทำงานตามทิศทางการไหลของอากาศผ่านพัดลม ลักษณะพัดลมแรงเหวี่ยง (Centrifugal fan) ลมจะเกิดจากการหมุนของใบพัดที่ติดกับวงล้อ โดยการหมุนของล้อจะเกิดจากต้นกำลังจากภายนอก ทั้งพลังงานจากมอเตอร์ไฟฟ้า แรงพลังงานกลอื่นๆ ที่ใช้เพื่อขับเคลื่อนให้เกิดการเคลื่อนที่และ ใบพัดหมุน ได้ อากาศจากภายนอกจะถูกดึงเข้าสู่ตัวพัดลมในแนวแกนหมุน และถูกเร่งให้มีความเร็วแรงขึ้นๆ อากาศจะถูกเหวี่ยงออกไปปะทะกับตัวโครงพัดลม Blower Housing ที่มี ลักษณะคล้ายกันหอยและไหลออกจากพัดลมในแนวรัศมีของใบพัด แนวลมที่ออกจะตั้งฉากกับเพลาลงล้อพัดลมที่มีใบพัดเป็นตัวตั้งลม พลังงานจลน์ของอากาศจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปของความดันที่ปากทางออกของ พัดลมในแนวตั้งฉากกับเพลาลงล้อพัดลม ลักษณะของใบพัดลมหอยโข่ง มีหลายลักษณะ เช่น Forward Curve, Backward Curve, Backward Inclined, Backward Airfoil, Radial ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของความดันลม ปริมาณลม ความสกปรกของอากาศ

ความแตกต่างระหว่างพัดลมและโบลเวอร์

มาตรฐาน JIS ได้กำหนดไว้ว่าพัดลมที่มีแรงดันลมต่ำกว่า 1,000 มิลลิเมตรน้ำ เรียกว่า พัดลม(Fan) ส่วนพัดลมที่มีแรงดันลมตั้งแต่ 1,000 มิลลิเมตรน้ำแต่ไม่ถึง 10 เมตรน้ำ เรียกว่า เครื่องเป่าลม(Blower)



รูปที่ 2.1 Blower

Heater

ฮีตเตอร์ (Heater) คือ เป็นอุปกรณ์ที่เอาไว้ใช้ใน โรงงานอุตสาหกรรม เป็นชิ้นส่วนชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติให้ความร้อน หลักการทำงานจะมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าตรงไปยังตัวนำที่เป็นลวด (ตัวต้านทาน R) ทำให้ลวดเกิดความร้อน แหล่งจ่ายไฟดังกล่าวจะสามารถจ่ายไฟได้กับแรงดันที่ 220 VAC และ 380VAC

หลักการทำงานของฮีตเตอร์ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ผู้ใช้งานจึงสามารถใช้ได้อย่างสะดวก แม้เป็นมือใหม่ก็เข้าใจ หลักการได้ในระยะเวลาสั้นๆ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในปัจจุบัน ตามโรงงานอุตสาหกรรมจะนำอุปกรณ์ชิ้นนี้มาใช้กันเป็นจำนวนมาก ไม่เพียงแต่การใช้งานที่ง่ายเท่านั้น เพราะเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาถูก สามารถสั่งทำขนาดและรูปทรงได้ตามต้องการ แลยังมีระบวต์ที่ต้องการได้ด้วย ซึ่งฮีตเตอร์จะมีส่วนประกอบหลักๆ คือ

1. ฉนวนแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) – เป็นฉนวนที่ออกแบบมาเพื่อใช้เป็นตัวป้องกันภายนอก มีคุณสมบัติด้านการนำความร้อนที่ดีมาก และค่าความนำทางต่ำ จึงถูกนำมาใช้เป็นตัวกั้นระหว่างฮีตเตอร์ ลวด และปลอกโลหะ ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการรั่วของกระแสไฟฟ้าที่อาจมาจากลวดฮีตเตอร์ไปยังผิวโลหะด้านนอก อย่างไรก็ตามสิ่งที่ต้องกันคือความชื้น ไม่ควรให้เกิดขึ้นภายในฉนวน ไม่เช่นนั้นค่าความนำไฟฟ้าจะสูงขึ้น จนเกิดเป็นอันตรายตามมา ดังนั้นวิธีป้องกันและแก้ไขแบบง่ายๆ คือให้นำฮีตเตอร์ไปอบในเตาอบเพื่อกำจัดความชื้นออกไป

2. สแตนเลส (Stainless) – ส่วนประกอบที่นำมาใช้ในการผลิตฮีตเตอร์ จะแบ่งออกเป็นหลากหลายชนิด การเลือกแต่ละชนิดมาใช้ ก็ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่ต้องการต่างกัน ไป โดยแบ่งย่อยออกเป็น

Stainless 304 เน้นสำหรับใช้งานที่ต้องการขึ้นรูปสำหรับการตกแต่ง มีคุณสมบัติป้องกันสนิมได้เป็นอย่างดี

Stainless 316 ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ป้องกันสนิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เน้นใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมหนัก และสถานที่ๆ มีความเป็นกรดค้างสูง อย่างเช่น ทะเล

Stainless 430 มีส่วนผสมของโครเมียมอยู่ทั้งหมด 100% โอกาสการเกิดสนิมเมื่อเทียบกับสแตนเลสเบอร์ 300 ถือว่าต่ำกว่า จึงนิยมนำมาใช้กับงานตกแต่งภายใน

1. ลวดฮีตเตอร์ (Heater) – เรียกอีกอย่างว่าลวด Nikrothal 80 หรือ R80 ซึ่งมีส่วนประกอบของนิเกิลอยู่ 80 ต่อโครเมียม 20 คุณสมบัติก็คือความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิสูงได้ถึง 1,400 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.2 รูป ฮีตเตอร์ชนิดต่างๆ

การแบ่งประเภทฮีตเตอร์ตามลักษณะการใช้งาน

1. ฮีตเตอร์แบบแท่ง – เรียกว่า Cartridge Heater คือฮีตเตอร์ที่มีลักษณะเป็นแท่ง นิยมใช้ให้ความร้อนกับงานที่มีความแข็ง เช่น แม่พิมพ์ เหล็ก อลูมิเนียม และโลหะ เป็นต้น ในการใช้งานมักจะเอามาใช้สำหรับการบรรจุหีบห่อ ใช้ในงานขึ้นรูปวัสดุเซรามิก และขึ้นรูปพลาสติก

2. ฮีตเตอร์แบบแผ่น – เรียกว่า Strip Heater เป็นลักษณะแผ่นที่สามารถใช้ออกแบบให้เป็นรูปทรงได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นทรงกลม ทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส และทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า เป็นต้น คุณสมบัติเหมาะสำหรับให้ความร้อนโดยการแนบกันชิ้นงาน

3. ฮีตเตอร์แบบรัดท่อ – เรียกว่า Band Heater เป็นฮีตเตอร์ทรงวงแหวน แบ่งย่อยออกเป็น 2 ชนิดคือ ฮีตเตอร์อินฟราเรดแท่งสีดำ ติดตั้งได้ 360 องศา ภายในประกอบด้วยลวดตัวนำ และผงแมกนีเซียมออกไซด์อยู่ด้วย สามารถเป็นฉนวนที่นำความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ จะไม่นำไฟฟ้า แต่จะให้ความร้อนด้วยการแผ่รังสี มักติดตั้งกับโคมสังกะสี ช่วยสะท้อนความร้อนให้แก่ชิ้นงานได้ดียิ่งขึ้น ส่วนฮีตเตอร์อินฟราเรดสีขาว จะติดตั้งได้แก่ในแนวนอนเพียงอย่างเดียว เพราะไม่มีการรอกผงแมกนีเซียมออกไซด์ลงไป ลวดตัวนำภายในเสี่ยงต่อการเสียหายได้ง่าย การจ่ายกระแสไฟฟ้าเช่นเดียวกับแบบแรก แต่สำหรับการใช้งาน หากเป็นฮีตเตอร์สีดำ จะเหมาะกับงานอบสี ออบเซรามิก เป็นต้น ส่วนฮีตเตอร์สีขาว จะเหมาะกับการใช้งานอบอาหารและยา และการทำความสะอาดที่เกี่ยวกับงานอบ เป็นต้น



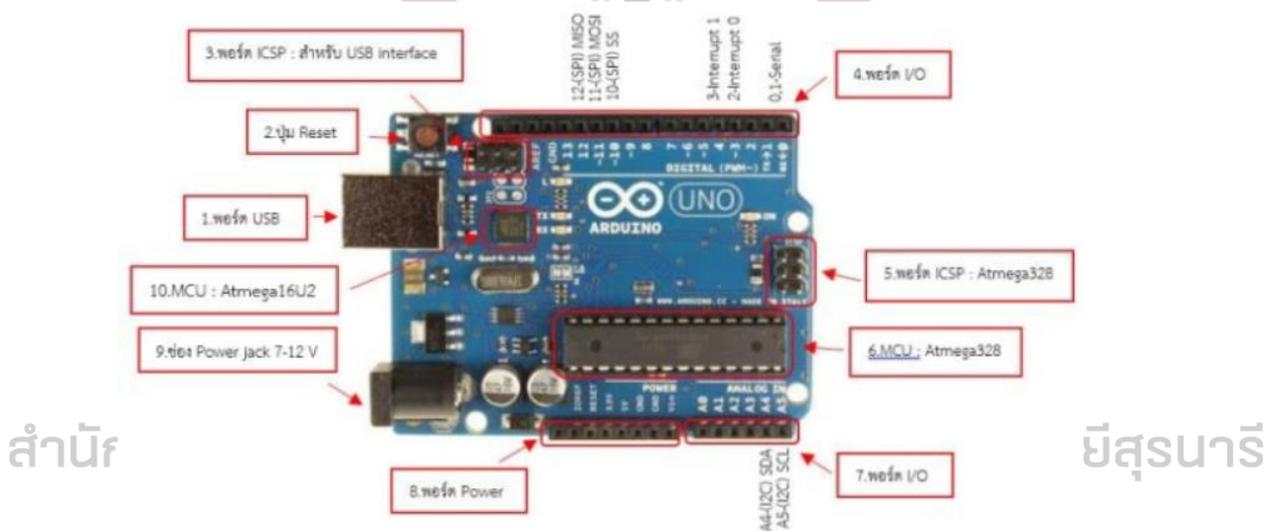
รูปที่ 2.3 Heater

Arduino Uno r3

Arduino Uno เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ ATmega328 (แผ่นข้อมูล) มีอินพุต / เอาต์พุต 14 อินพุต (6 สามารถใช้เป็นเอาต์พุต PWM), 6 อินพุตแบบอนาล็อก, ตัวเรโซเนเตอร์เซรามิก 16 MHz, การเชื่อมต่อ USB, แจ็คไฟ, ส่วนหัว ICSP และปุ่มรีเซ็ต มันมีทุกอย่างที่จำเป็นในการสนับสนุนไมโครคอนโทรลเลอร์; เพียงเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสายเคเบิล USB หรือใช้อะแดปเตอร์หรือแบตเตอรี่ AC-to-DC เพื่อเริ่มต้นใช้งานUno แตกต่างจากบอร์ดก่อนหน้านี้ทั้งหมดเนื่องจากไม่ได้ใช้ชิปควบคุม USB แบบอนุกรมของ FTDI แต่มีคุณลักษณะของ Atmega16U2 (Atmega8U2 ถึงเวอร์ชัน R2) ซึ่งได้รับการตั้งโปรแกรมเป็นตัวแปลงสัญญาณแบบ USB-to-serialRevision 2 ของบอร์ด Uno มีตัวต้านทานดึงสาย HWB 8U2 ไปยังพื้นทำให้ง่ายต่อการใส่ลงในโหมด DFURevision 3 ของบอร์ดมีคุณสมบัติใหม่ดังต่อไปนี้: 1.0 pinout: เพิ่มหมุด SDA และ SCL ที่อยู่ใกล้กับหมุด AREF และอีก 2 หมุดใหม่ที่วางอยู่ใกล้กับขา RESET IOREF ที่อนุญาตให้โล่ปรับให้เข้า

กับแรงดันไฟฟ้าที่จัดหามาจากบอร์ด ในอนาคตโล่จะเข้ากันได้กับทั้งบอร์ดที่ใช้ AVR ซึ่งทำงานร่วมกับ 5V และด้วย Arduino Due ที่ทำงานกับ 3.3V ที่สองคือขาที่ไม่ได้เชื่อมต่อซึ่งสงวนไว้สำหรับวัตถุประสงค์ในอนาคตวงจร RESET ที่แข็งแกร่งขึ้น Atmega 16U2 เปลี่ยน 8U2 "Uno" หมายถึงภาษาอิตาลีและมีชื่อว่า Arduino 1.0 Uno และเวอร์ชัน 1.0 จะเป็นเวอร์ชันอ้างอิงของ Arduino ก้าวไปข้างหน้า Uno เป็นชุดบอร์ด USB Arduino รุ่นล่าสุดและเป็นโมเดลอ้างอิงสำหรับแพลตฟอร์ม Arduino; สำหรับการเปรียบเทียบกับรุ่นก่อนหน้าคุณลักษณะของบอร์ด Arduino

Arduino Uno R3 กล่าวหาว่า Uno เป็นภาษาอิตาลี ซึ่งแปลว่าหนึ่ง เป็นบอร์ด Arduino รุ่นแรกที่ผลิตออกมา มีขนาดประมาณ 68.6x53.4 mm. เป็นบอร์ดมาตรฐานที่นิยมใช้งานมากที่สุด เนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มต้นเรียนรู้ Arduino และมี Shields ให้เลือกใช้งานได้มากกว่าบอร์ด Arduino รุ่นอื่นๆ ที่ออกแบบมา เฉพาะมากกว่า โดยบอร์ด Arduino Uno ได้มีการพัฒนาเรื่อยมา ตั้งแต่ R2 R3 และรุ่นย่อยที่เปลี่ยนชิปไอซี เป็นแบบ SMD เป็นบอร์ด Arduino ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง และส่วนใหญ่โปรเจกต์ และ Library ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมา Support จะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก และข้อดีอีกอย่างคือกรณีที่ MCU เสียผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย Arduino Uno R3 มี MCU ที่เป็น Package DIP



รูปที่ 2.4 Layout & Pin out Arduino Board

บอร์ด Arduino นั้นมีด้วยกันหลายมากมายหลายรุ่น แต่ละรุ่นต่างก็มีลักษณะเฉพาะตัวของมัน ซึ่งถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับการทำงานในรูปแบบต่างๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่ารุ่นของบอร์ด Arduino นั้นมีเยอะมากๆจนทำให้เราเลือกไม่ถูกว่าจะซื้อบอร์ดไหนมาลองเล่นดี โดยเฉพาะกับมือใหม่หัดเล่นอาจจะยังจับต้นชนปลายไม่ถูก ไม่รู้ว่าควรจะเริ่มต้นยังไง เริ่มใช้บอร์ดไหนก่อน ผู้เขียนจึงอยากจะแนะนำให้ผู้รู้จักกับบอร์ดหลักของ Arduino ซึ่งเป็นที่รู้จักและนิยมกันมากที่สุด เนื่องจากเป็นบอร์ดที่ประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย มีตัวอย่างและ Library ที่ support มากมาย นักเล่นส่วนใหญ่ก็มักจะเริ่มต้นกันบอร์ดนี้ นั่นก็คือบอร์ด Arduino UNO นั่นเอง



รูปที่ 2.5 Board Arduino Uno R3 ด้านบน



รูปที่ 2.6 Board Arduino Uno R3 ด้านล่าง

Arduino UNO นั้นก็มีออกมาหลายรุ่นด้วยกัน โดยมีพัฒนาการมาเรื่อยๆตั้งแต่ Arduino UNO รุ่นดั้งเดิม Arduino UNO R2 และพัฒนาจนมาเป็น Arduino UNO รุ่นปัจจุบัน นั่นก็คือ Arduino UNO R3 ซึ่ง “R3” นี้แสดงถึงรุ่นที่ได้ทำการแก้ไขปรับปรุงเป็นครั้งที่ 3 (Third Revision) นั่นเอง



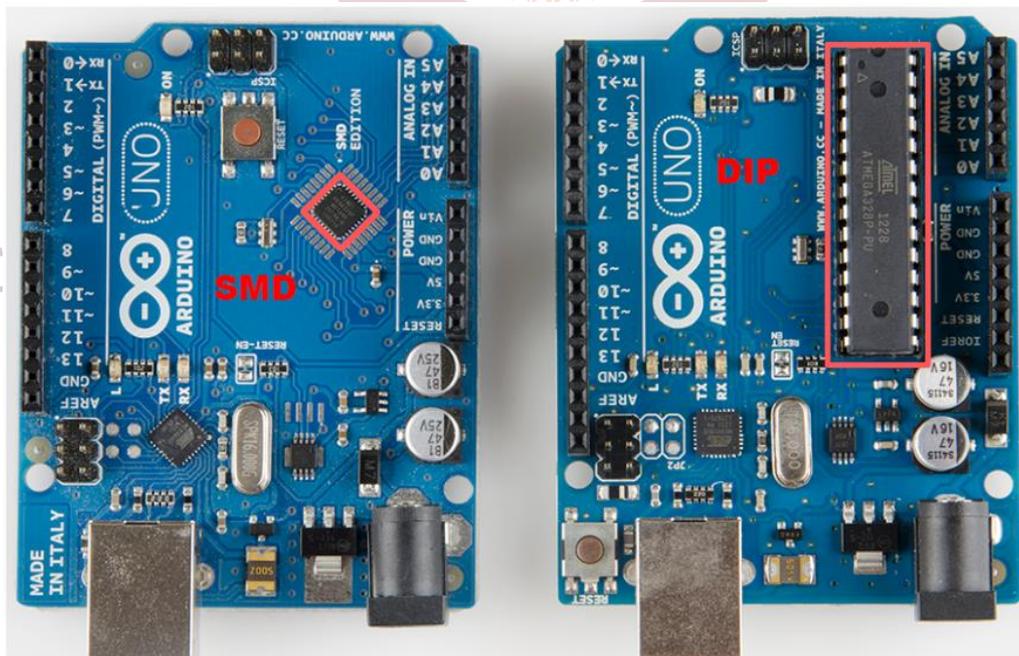
Arduino UNO R2



Arduino UNO R3

รูปที่ 2.7 เปรียบเทียบ Board Arduino Uno R2 กับ Board Arduino Uno R3

นอกจากนั้นแล้ว Arduino UNO R3 เอง ก็แบ่งย่อยออกเป็น 2 แบบ ตามชนิดของชิป Microcontroller ที่ใช้ ได้แก่ Arduino UNO R3 แบบธรรมดา จะใช้ชิป MCU แบบ DIP (Dual Inline Package) ซึ่งเป็นชิปที่เสียบเข้ากับ Socket อีกที่สามารถถอดเปลี่ยนได้ และ Arduino UNO R3 SMD จะใช้ชิป MCU แบบ SMD (Surface Mount Device) ซึ่งเป็นชิปที่ถูกระบายความร้อนบนบอร์ดเลข บอร์ดลักษณะนี้จะไม่สามารถอดเปลี่ยนชิปได้ ซึ่งบอร์ดแบบ SMD จะมีต้นทุนที่ถูกกว่าจึงทำให้ราคาถูกกว่าบอร์ดแบบ DIP แต่ทั้งสองบอร์ดก็มีฟังก์ชัน สเปคและการใช้งานที่เหมือนกันทุกประการ



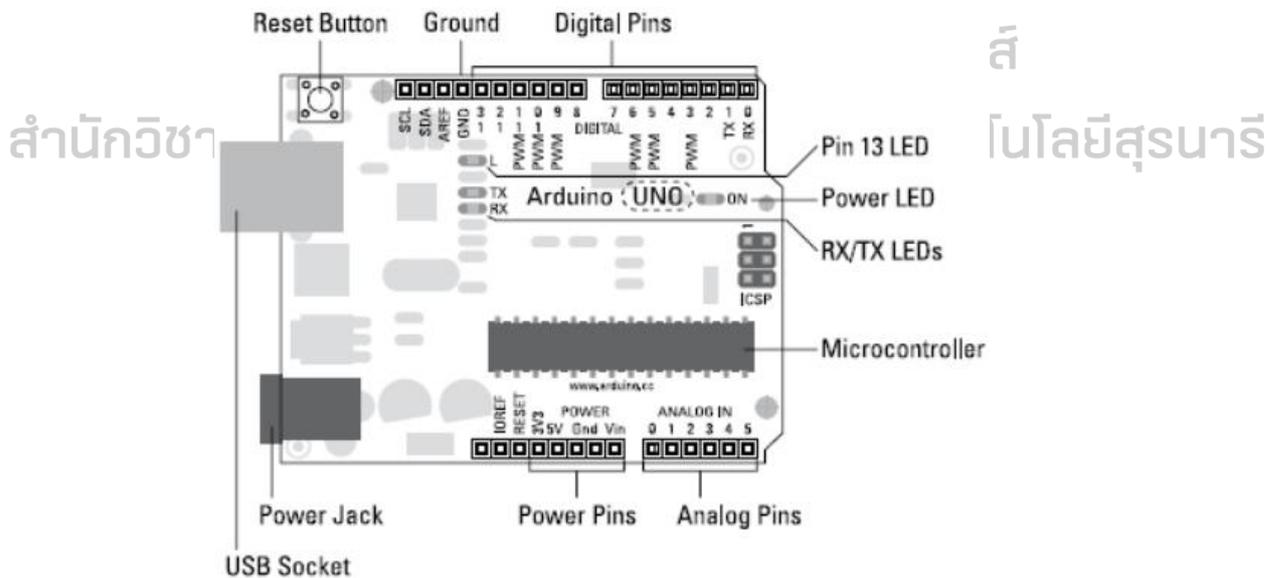
รูปที่ 2.8 Board Arduino Uno R3 แต่ชิปต่างกัน ชัยชิป SMD ขาวชิป DIP

Arduino UNO R3 Specification

| | |
|-----------------------------|---|
| Microcontroller | ATmega328P |
| Operating Voltage | 5V |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V |
| Input Voltage (limit) | 6-20V |
| Digital I/O Pins | 14 (of which 6 provide PWM output) |
| PWM Digital I/O Pins | 6 |
| Analog Input Pins | 6 |
| DC Current per I/O Pin | 20 mA |
| DC Current for 3.3V Pin | 50 mA |
| Flash Memory | 32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader |
| SRAM | 2 KB (ATmega328P) |
| EEPROM | 1 KB (ATmega328P) |
| Clock Speed | 16 MHz |
| Length | 68.6 mm |
| Width | 53.4 mm |
| Weight | 25 g |

ตารางที่ 2.1 Specification ของ Board Arduino Uno R3

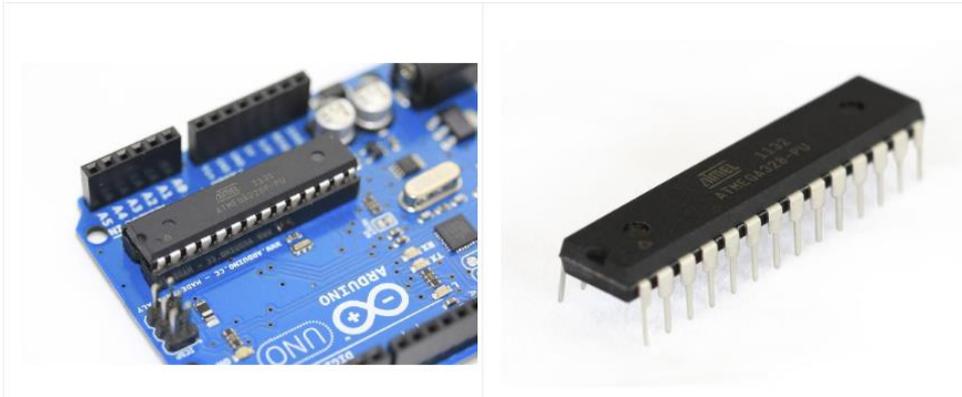
ส่วนประกอบหลักของบอร์ด Arduino UNO R3



รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบหลักของบอร์ด Arduino UNO R3

Microcontroller

Arduino UNO R3 จะใช้ชิป Microcontroller เป็นชิป ผลิตโดยบริษัท Atmel ซึ่งส่วนนี้จะเป็นเหมือนสมองของบอร์ด ที่ใช้สำหรับการประมวลผลและควบคุม I/O



รูปที่ 2.10 ชิปของบอร์ด Arduino UNO R3

Header Socket

เป็น Socket ที่เชื่อมต่อมาจากขาของ Microcontroller ซึ่งเรียงอยู่ตรงขอบๆของบอร์ด Arduino ไว้สำหรับต่อสายไฟเพื่อรับค่า Input หรือส่งออก Output โดยจะมี Label กำกับหมายเลข Pin อยู่เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน โดย Header Socket จะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก คือ Digital Pin, Analog in Pin และ Power Pin

Digital Pin

เป็น Pin สำหรับรับและส่งสัญญาณที่เป็น Digital โดยมี 2 สถานะ คือ On (0V) หรือ Off (5V)



รูปที่ 2.11 Pin ที่เป็นสัญญาณ Digital ของบอร์ด Arduino UNO R3

Analog in Pin

เป็น Pin สำหรับรับค่าสัญญาณที่เป็น Analog



รูปที่ 2.12 Pin ที่เป็นสัญญาณ Analog ของบอร์ด Arduino UNO R3

Power Pin

เป็น Pin สำหรับจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งจะมีทั้ง 5V และ 3.3V และ Vin โดย Vin จะให้ค่าความต่างศักย์ เท่ากับไฟที่ต่อมาจาก external power jack



รูปที่ 2.13 Pin ที่เป็น Power ของบอร์ด Arduino UNO R3

USB Socket

ใช้ในการเชื่อมต่อสาย USB เพื่ออัปเดตโปรแกรมลงชิป และจ่ายไฟให้กับบอร์ด



รูปที่ 2.14 Socket ของบอร์ด Arduino UNO R3

External Power Jack

เป็นช่องสำหรับนำ Power Adapter มาเสียบเพื่อต่อไฟจากภายนอก



รูปที่ 2.15 Socket ของบอร์ด Arduino UNO R3

Reset Button

เป็นปุ่มสำหรับ Reset โปรแกรมบนบอร์ดให้หยุดการทำงานเดิมและเริ่มต้นทำงานใหม่ตั้งแต่แรก



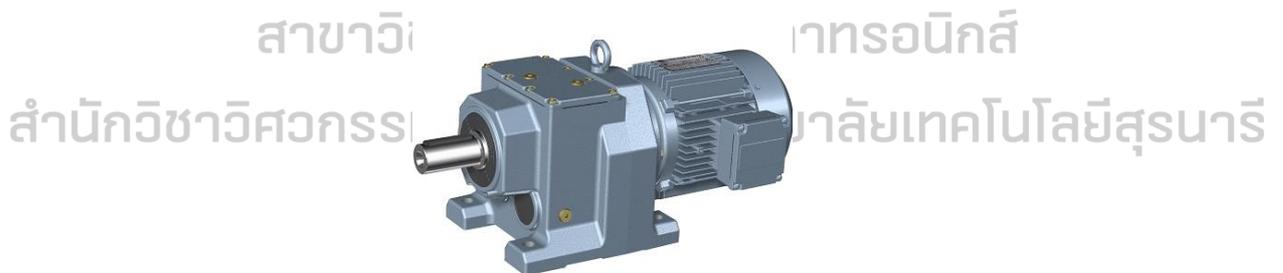
รูปที่ 2.16 ปุ่ม Reset ของบอร์ด Arduino UNO R3



รูปที่ 2.17 Board Arduino Uno r3

มอเตอร์ขับเคลื่อน

มอเตอร์ (Motor) มอเตอร์คือเครื่องกลไฟฟ้า (Electromechanical Energy) ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า (Electric Energy) ให้เป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) ในรูปของการหมุนเคลื่อนที่มีประโยชน์ในการนำไปใช้งานได้กว้างขวาง ถูกนำไปรวมใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องมือไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าประมาณ 80-90% ลักษณะมอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Energy)

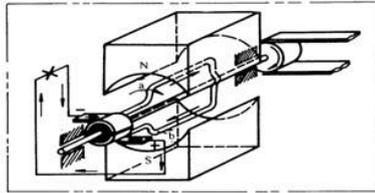


รูปที่ 2.18 มอเตอร์

การทำงานของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกผลิตขึ้นมาใช้งานแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง (DC Motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Source) เป็นมอเตอร์แบบเบื้องต้นที่ถูกผลิตมาใช้งาน และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Source) มอเตอร์ชนิดนี้ถูกพัฒนามาจากมอเตอร์กระแสตรง เพื่อให้สามารถใช้งานได้กว้างขวางมากขึ้น

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบด้วย แม่เหล็กถาวร 2 ขั้ว วางอยู่ระหว่างขลวดตัวนำ ขลวดตัวนำจะได้รับแรงดันไฟฟ้า กระแสตรงป้อนให้ในการทำงาน ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก 2 ขั้ว มีขั้วแม่เหล็กเหมือนกันวางใกล้กันเกิดแรงผลักดันทำให้ ขลวดตัวนำหมุนเคลื่อนที่ได้การทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแสดงดังรูป



รูปที่ 2.19 การทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้า

จากสมการ $F=ILB$

$F(N)$ = แรงผลักของขลวด

$I(A)$ = กระแสที่ไหลในขลวด

$B(T)$ = ความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็ก

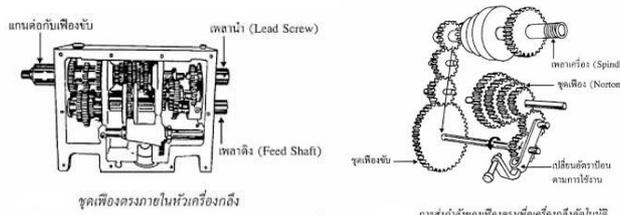
$L(M)$ = ความยาวของขลวด

เฟือง

เฟือง คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งถ่ายกำลังระหว่างเพลากับเพล โดยอาศัยฟัน และเฟืองทั้งสองขบกัน นอกจากนี้เฟืองยังสามารถใช้ในการทดสอบเพื่อเพิ่มและลดความเร็วของเฟืองตัวที่ใช้จับได้

ชนิดของเฟือง

เฟืองตรง (Spur Gear) เป็นเฟืองที่มีลักษณะฟันตรงและมีทิศขนานกับแกนเพล เฟืองชนิดนี้เป็นแบบธรรมดาทำง่าย และมีราคาถูกที่สุดเมื่อเทียบกับเฟืองชนิดอื่นๆ ใช้ถ่ายทอกลกำลังระหว่างเพลที่ขนานกัน เช่น ชุดเฟืองทดในเครื่องจักร เฟืองตรงใช้ส่งกำลังกับเพลที่ขนานกัน เหมาะสำหรับการส่งกำลังที่มีความเร็วรอบต่ำหรือความเร็วรอบปานกลางไม่เกิน 20 เมตร ต่อนาที เช่น ชุดเฟืองทดของเครื่องกลึงเพื่อเดินกลึงอัตโนมัติ หรือชุดเฟืองทดของเครื่องจักรกลการเกษตร ที่ความเร็วรอบต่ำๆ



รูปที่ 2.20 เฟือง

เฟืองสะพาน(Rack Gear) เป็นเฟืองตรงชนิดหนึ่งที่มีรัศมีแบบไม่สิ้นสุด มีลักษณะรูปร่างยาวเป็นเส้นตรงเหมือนสะพาน ฟันเฟืองทำมุมกับลำตัว 90 องศา โดยประมาณ การใช้งานจะต้องใช้คู่กับเฟืองตรง ในการใช้งานของเฟืองสะพาน (RACK)

จะต้องใช้คู่กับเฟืองตรงที่เรียกว่าพินเนียน (Pinion) เสมอ ก็จะสามรถทำการส่งกำลังได้ ลักษณะการใช้งานของเฟืองสะพาน ตัวอย่างเช่น เฟืองสะพานของเครื่องกลึงศูนย์ ที่ช่วยให้แท่นเคลื่อนที่ ซ้าย-ขวา หรือเฟืองสะพานของเครื่องเจาะที่ทำหน้าที่เคลื่อนเพลลาเจาะให้ขึ้นลง

เฟืองเฉียง(Helical gear or Spiral gear) จะมีลักษณะรูปร่างเป็นล้อกลมคล้ายเฟืองตรง แต่เฟืองเฉียง ฟันของเฟืองจะเฉียง ไปทำมุมกับแกนเพลลา อาจเฉียงไปทางซ้าย หรือขวา ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เฟืองเฉียงมีหน้าที่การใช้งานเหมือนกับเฟืองตรงทุกอย่าง แต่มีข้อดีที่เฟืองตรง คือ เมื่อส่งกำลังด้วยความเร็วรอบสูงๆ แล้วจะไม่เกิดเสียง สัมผัสมากกว่าการกระทบ

เฟืองหนอน(Worm Gear) มีลักษณะเหมือนเกลียวและอาจมีเกลียวเดียวหรือหลายเกลียวได้ แต่ที่นิยมใช้กันมาก เป็นแบบหลายเกลียว เฟืองหนอนปกติต้องใช้เป็นคู่ คือ เกลียวหนอน (ตัวเล็ก) และ เฟืองหนอน (ตัวใหญ่) เฟืองชนิดนี้ให้อัตราทดสูงมาก แกนของเฟืองมักตั้งฉากกันและไม่ตัดกัน เฟืองชนิดนี้มักใช้ในการลดความเร็วรอบที่สูงมากๆ ให้เหลือความเร็วรอบต่ำๆ ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ในชุดหัวแบ่งที่ใช้กัดเฟือง หรือใช้ในแม่แรงยกของ

Inverter

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของ 3-Phase Squirrel-Cage Induction Motor โดยวิธีการปรับแรงดันและความถี่ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับมอเตอร์ บางครั้งจะเรียกว่า “V/F Control” อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ยังมีชื่อเรียกอีกหลายอย่าง เช่น

VSD: Variable Speed Drives

VVVF: Variable Voltage Variable Frequency

VC: Vector Control

หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) จะแปลงไฟกระแสสลับ (AC) จากแหล่งจ่ายไฟทั่วไปที่มีแรงดันและความถี่คงที่ ให้เป็นไฟกระแสตรง (DC) โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) จากนั้นไฟกระแสตรงจะถูกแปลงเป็นไฟกระแสสลับที่สามารถปรับขนาดแรงดันและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) วงจรทั้งสองนี้จะเป็นวงจรหลักที่ทำหน้าที่แปลงรูปคลื่น

โดยทั่วไปแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับมีรูปคลื่นไซน์ แต่เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์จะมีรูปคลื่น แตกต่างจากรูปไซน์ นอกจากนี้ยังมีชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์และวงจร

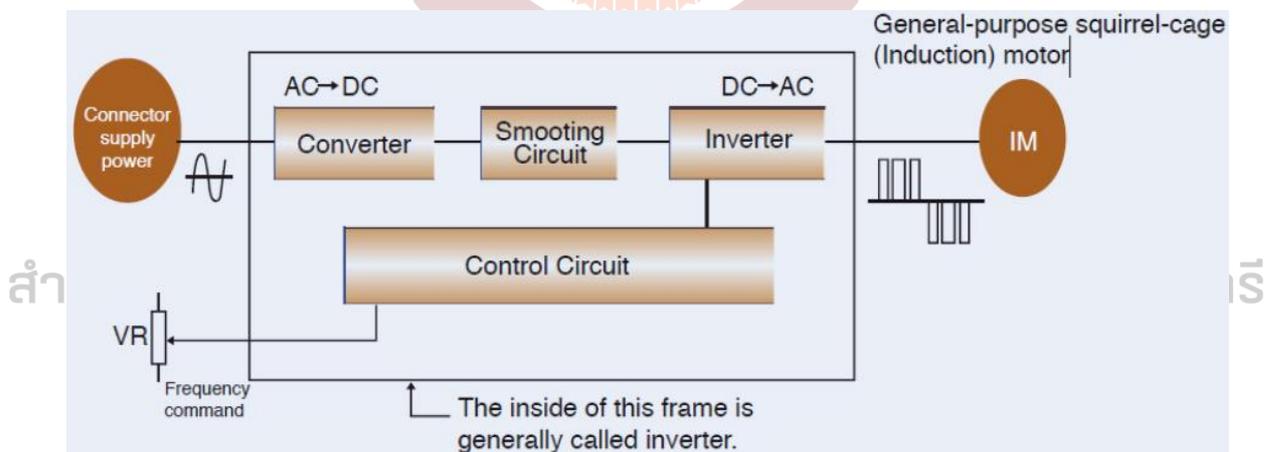
อินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของ 3-Phase Induction Motor



รูปที่ 2.21 การทำงานของอินเวอร์เตอร์

โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

1. ชุดคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) ทำหน้าที่แปลงไฟกระแสสลับจากแหล่งจ่ายไฟ AC Power Supply (50 Hz) ให้เป็นไฟกระแสตรง (DC Voltage)
2. ชุดอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) ทำหน้าที่แปลงไฟกระแสตรง (DC Voltage) ให้เป็นไฟกระแสสลับ (AC Voltage) ที่สามารถเปลี่ยนแปลง แรงดันและความถี่ได้
3. ชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุดคอนเวอร์เตอร์และชุดอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.22 โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์

วิธีการเลือกอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

- ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอินเวอร์เตอร์ : ถือเป็นรายละเอียดที่สำคัญมาก เราควรดูว่าอินเวอร์เตอร์ที่เราเลือกนั้นใช้กับระบบไฟฟ้าแบบใด แบบ 1 เฟส หรือแบบ 3 เฟส และมีช่วงแรงดันและกระแสในการใช้งานอยู่ที่เท่าไร
- กำลังของมอเตอร์ : ใช้กับกำลังมอเตอร์ขนาดเท่าไร
- ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟมอเตอร์ : ความถี่ของมอเตอร์ที่สามารถใช้ได้
- แรงบิด (Torque) ของโหลด : ควรพิจารณาจากการใช้งานว่าเราต้องการแรงบิดที่จะป้อนให้กับโหลดเท่าใด

- สภาพแวดล้อมในการติดตั้ง : บริเวณที่ทำการติดตั้งนั้นมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงประมาณเท่าไร มีความชื้นแค่ไหน และหากบริเวณที่เราติดตั้งนั้นต้องเผชิญกับฝุ่นและน้ำเราก็ควรเลือกอินเวอร์เตอร์ที่ได้รับมาตรฐานการป้องกันฝุ่นและน้ำ
- ขนาด : ขนาดของอินเวอร์เตอร์เราควรพิจารณาจากพื้นที่ที่เราทำการติดตั้ง
- Cooling Method: เวลาใช้งานตัวอินเวอร์เตอร์จะเกิดความร้อนขึ้น เพื่อไม่ให้อินเวอร์เตอร์ร้อนเกินไปในขณะใช้งานทางที่ดีเพื่อป้องกันความเสียหายควรเลือกอินเวอร์เตอร์ที่มีระบบการระบายความร้อน

ข้อดีของการใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์

- การสตาร์ทที่นุ่มนวล (Soft Start)
- ไม่มีกระแสช๊อคของกระแส (Inrush Current)
- สามารถปรับอัตราเร่งและอัตราหน่วงได้ (Adjustable Acceleration and Deceleration Time)
- สามารถควบคุมได้จากระยะไกล (Remote Control)
- สามารถควบคุมการทำงาน โดยต่อเชื่อมกับคอมพิวเตอร์
- มีระบบ Protection
- ประหยัดพลังงาน (Energy Saving)
- ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง (Reduce Maintenance Cost)
- ได้รับมาตรฐานสากล : CE, UL, cUL, TR-CU, KC



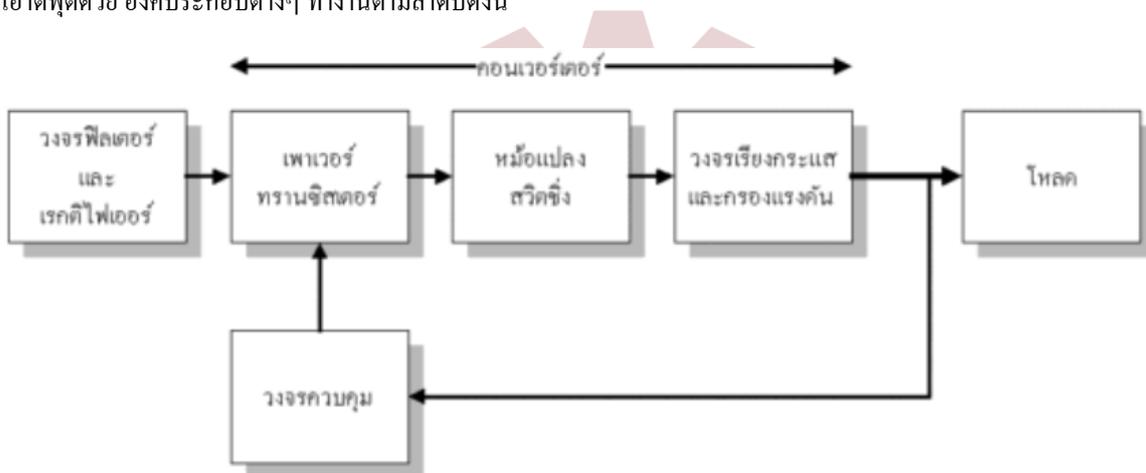
รูปที่ 2.23 Inverter

Switching Power Supply 12V

สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่ง และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไปสลับโวลต์สูง ให้เป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำ เพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ได้เช่นเดียวกันแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น (Linear Power Supply) ถึงแม้เพาเวอร์ซัพพลายทั้งสองแบบจะต้องมีการใช้หม้อแปลงในการลดทอนแรงดันสูงให้เป็นแรงดันต่ำเช่นเดียวกัน แต่สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายจะต้องการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็ก และน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น อีกทั้งสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าอีกด้วย

ในปัจจุบันสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายได้เข้ามามีบทบาทกับชีวิตเราอย่างมาก เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กซึ่งต้องการแหล่งจ่ายไฟที่มีกำลังสูงแต่มีขนาดเล็ก เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องโทรสาร และ โทรศัพท์ จำเป็นจะต้องใช้สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย แนวโน้มการนำสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายมาใช้ในเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภทจึงเป็นไปได้สูง การศึกษาหลักการการทำงานและการออกแบบสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานอิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภท

สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายโดยทั่วไปมีองค์ประกอบพื้นฐานที่คล้ายคลึงกัน และไม่ซับซ้อนมากนัก ดังแสดงในรูปที่ 1 หัวใจสำคัญของสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายจะอยู่ที่คอนเวอร์เตอร์ เนื่องจากทำหน้าที่ทั้งลดทอนแรงดันและคงค่าแรงดันเอาต์พุตด้วย องค์ประกอบต่างๆ ทำงานตามลำดับดังนี้

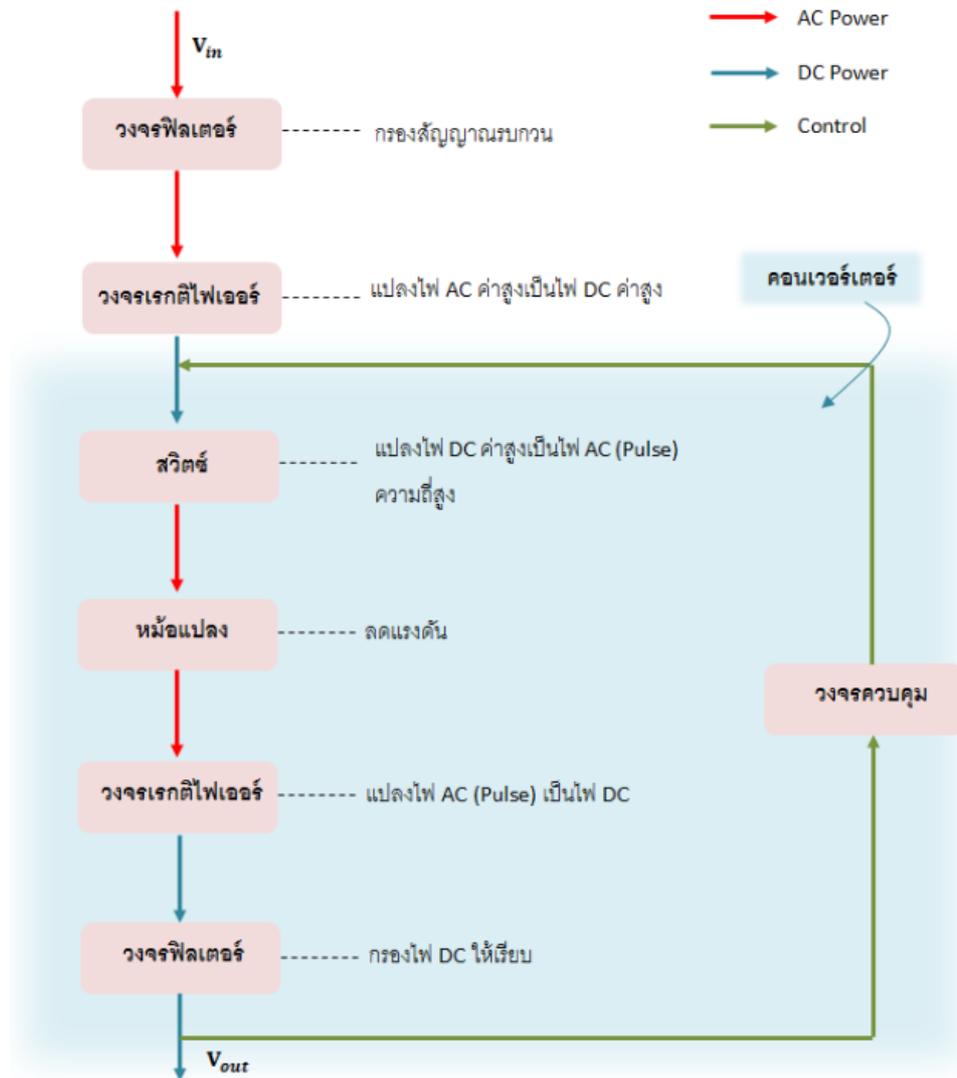


รูปที่ 2.24 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย

แรงดันไฟสลับค่าสูงจะผ่านเข้ามาทางวงจร RFI ฟิลเตอร์ เพื่อกรองสัญญาณรบกวนและแปลงเป็นไฟตรงค่าสูงด้วยวงจรเรกติไฟเออร์ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะทำงานเป็นเพาเวอร์คอนเวอร์เตอร์โดยการตัดต่อแรงดันเป็นช่วงๆ ที่ความถี่ประมาณ 20-200 KHz จากนั้นจะผ่านไปยังหม้อแปลงสวิตซ์เพื่อลดแรงดันลง เอาต์พุตของหม้อแปลงจะต่อกับวงจรเรียงกระแส และกรองแรงดันให้เรียบ การคงค่าแรงดันจะทำได้โดยการป้อนกลับค่าแรงดันที่เอาต์พุตกลับมายังวงจรควบคุม เพื่อควบคุมให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแสมากขึ้นหรือน้อยลงตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาต์พุต ซึ่งจะมีผลทำให้แรงดันเอาต์พุตคงที่ได้

Switching Power Supply จะประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

- วงจรฟิลเตอร์และเรกติไฟเออร์ ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟสลับเป็นไฟตรง
- คอนเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่แปลงไฟตรงเป็นไฟสลับความถี่สูง และแปลงกลับเป็นไฟตรง โวลต์ต่ำ
- วงจรควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุตตามต้องการ



สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี รูปที่ 2.25 แผนผัง Switching Power Supply

การคงค่าแรงดันจะทำโดยการป้อนค่าแรงดันที่ Output กลับมายังวงจรควบคุม เพื่อควบคุมให้การนำกระแสมากขึ้นหรือน้อยลงตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ Output ซึ่งจะมีผลทำให้แรงดัน Output คงที่ได้



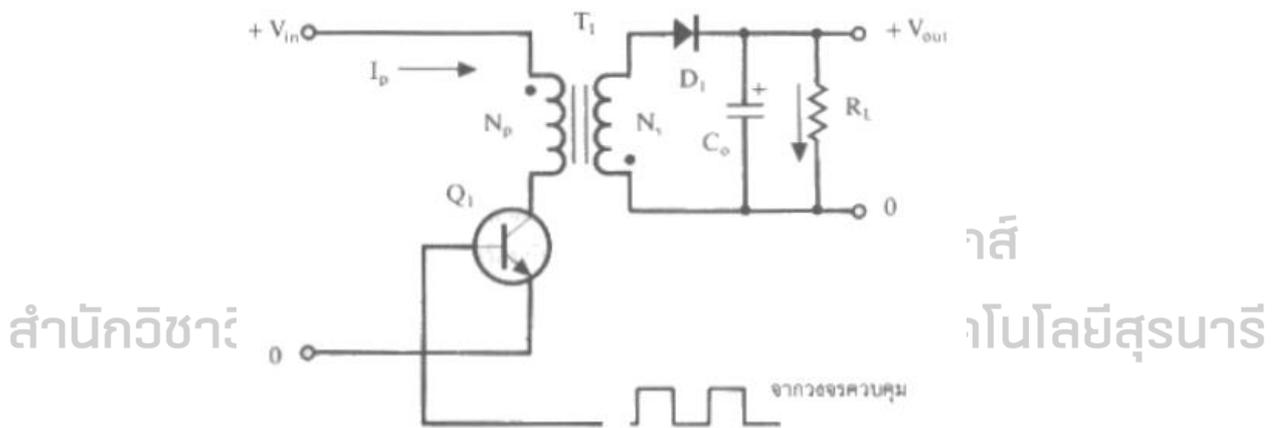
รูปที่ 2.26 ภาพวงจร Switching Power Supply

การจำแนกประเภทของ Switching Power Supply นั้นจะพิจารณาจากรูปแบบของคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ ซึ่งรูปแบบของคอนเวอร์เตอร์นั้นมีมากมาย แต่ที่จะกล่าวถึงนี่จะเป็นรูปแบบคอนเวอร์เตอร์ที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมของสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย ซึ่งจะมีด้วยกัน 5 รูปแบบดังนี้

Flyback Converter

เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่เป็นเหมือนสวิตซ์ และจะนำกระแสตามคำสั่งของพัลส์ที่เปลี่ยมที่ป้อนให้ทางขาเบส เมื่อ Q1 นำกระแส ไดโอด D1 จึงอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับและไม่นำกระแส จึงทำให้มีการสะสมพลังงานที่ขดปฐมภูมิของหม้อแปลง T1 แทน เมื่อ Q1 หยุดนำกระแส สนามแม่เหล็ก T1 จะยุบตัวทำให้เกิดการกลับขั้วแรงดันที่ขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิ

D1 ก็จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรง พลังงานที่สะสมในขดปฐมภูมิของหม้อแปลงก็จะถูกถ่ายเทออกไปยังขดทุติยภูมิและมีกระแสไหลผ่านไดโอด D1 ไปยังตัวเก็บประจุเอาต์พุต C_o และ โหลดได้ ค่าของแรงดันที่เอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์จะขึ้นอยู่กับค่าความถี่การทำงานของ Q1, ช่วงเวลานำกระแสของ Q1 และอัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลง และค่าของแรงดันที่อินพุต

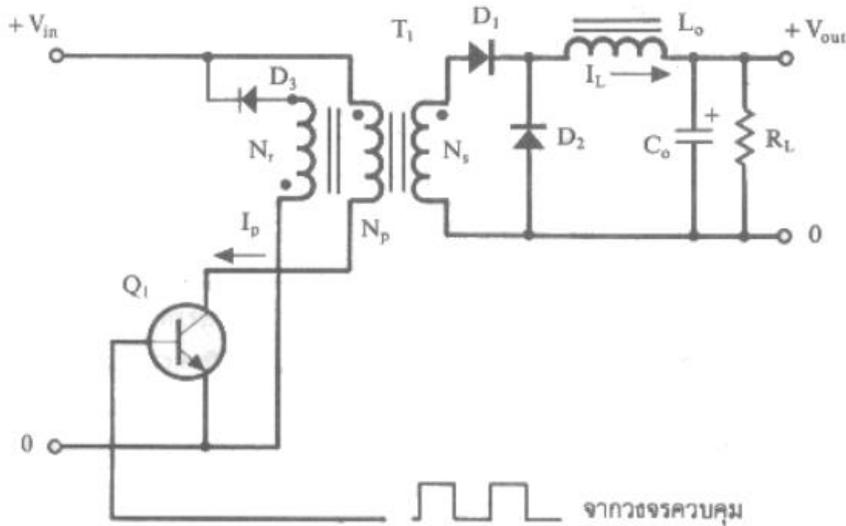


รูปที่ 2.27 วงจรพื้นฐานของ Flyback Converter

Flyback Converter มีโครงสร้างของวงจรไม่ซับซ้อน นิยมในงานที่ต้องการกำลังไฟฟ้านอกค่าๆ โดยอยู่ในช่วงไม่เกิน 150W อุปกรณ์น้อยและมีราคาถูก ข้อเสียคือจะมีแกนแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าจะต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะรองรับกำลังไฟฟ้านอกค่าที่เพิ่มขึ้นได้ แรงดันไฟฟ้าคคร่อมสวิตซ์ของวงจรหลายเบ็ก็ยังมีค่าสูง

Forward Converter

มีลักษณะใกล้เคียงกับ Flyback Converter แต่พื้นฐานการทำงานจะแตกต่างกันตรงที่หม้อแปลงใน Forward Converter จะทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานในช่วงที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแส



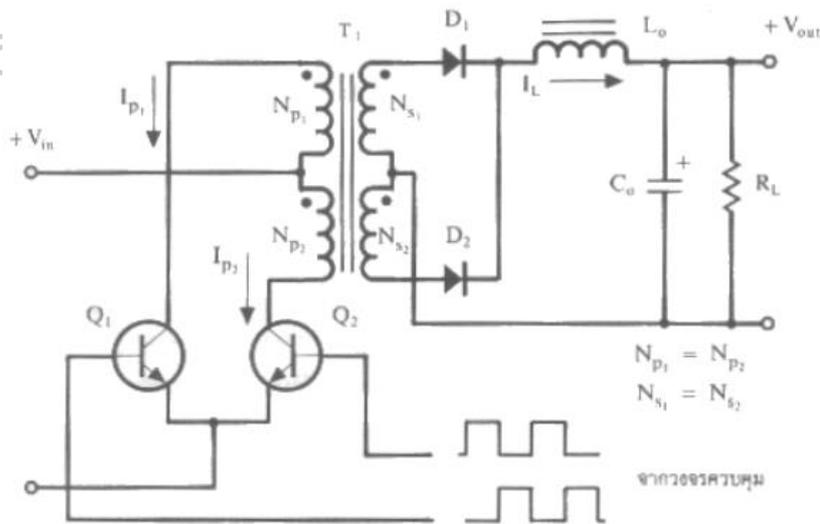
รูปที่ 2.28 วงจรพื้นฐานของ Forward Converter

Forward Converter นิยมใช้กับกำลังไฟฟ้าที่มีขนาด 100 - 200W การเชื่อมต่อสำหรับการควบคุมสวิตช์และการส่งออกของขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงและการแก้ไขและการกรองวงจรซับซ้อนกว่า Fly back Converter แกนแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าจะมีขนาดเล็ก ข้อเสียจะมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์มีค่าสูงและต้นทุนในการผลิตสูง

Push - Pull Converter

คอนเวอร์เตอร์แบบนี้จะเปรียบเสมือนการนำ Forward Converter สองชุดมาทำงานร่วมกัน โดยผลัดกันทำงานในแต่ละครึ่งคาบเวลาในลักษณะกั๊กเฟส เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรยังคงมีแรงดันตกคร่อมในขณะหยุดนำกระแสค่อนข้างสูงเช่นเดียวกับ Fly back Converter และ Forward Converter

สำนักวิชา:



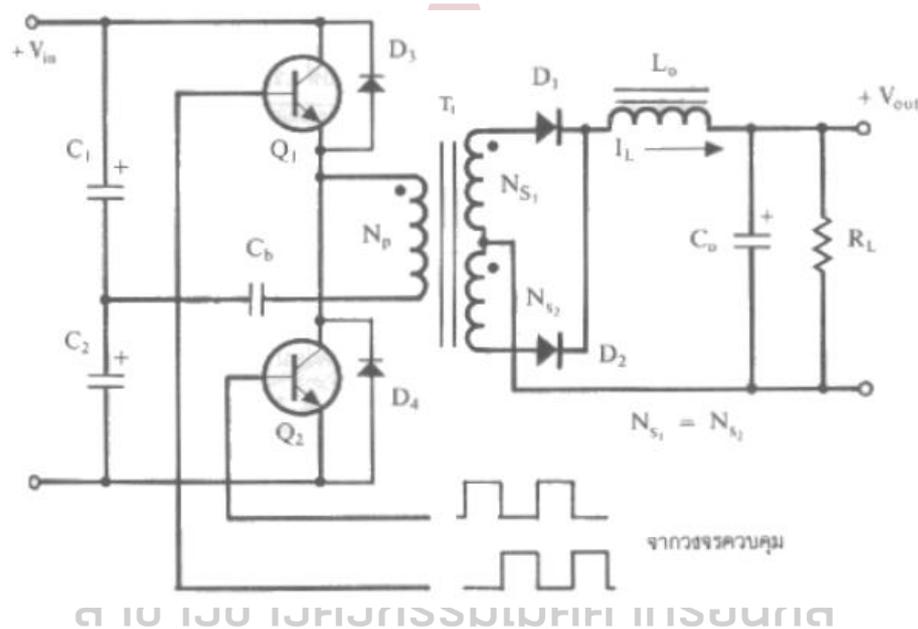
รูปที่ 2.29 วงจรพื้นฐานของ Push - Pull Converter

ลัยสุรนารี

Push - Pull Converter เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่จ่ายกำลังได้สูงซึ่งจะอยู่ในช่วง 200-1000W ข้อเสียจะมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์มีค่าสูงและปัญหาแกนแม่เหล็กเกิดการอิ่มตัว เนื่องจากความไม่สมมาตรของฟลักซ์ในแกนแม่เหล็ก ซึ่งจะมีผลต่อการพังเสียหายของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้ง่าย

Half - Bridge Converter

เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่อยู่ในตระกูลเดียวกับ Push - Pull Converter แต่ลักษณะการจัดวงจรจะทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรมีแรงดันตกคร่อมขณะหยุดนำกระแสเพียงค่าแรงดันอินพุตเท่านั้น ทำให้ลดข้อจำกัดเมื่อใช้กับระบบแรงดันไฟฟ้าสูงได้มาก รวมทั้งยังไม่มีปัญหาการไม่สมมาตรของฟลักซ์ในแกนเฟอร์ไรต์ของหม้อแปลงได้ด้วย



รูปที่ 2.30 วงจรพื้นฐานของ Half - Bridge Converter

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

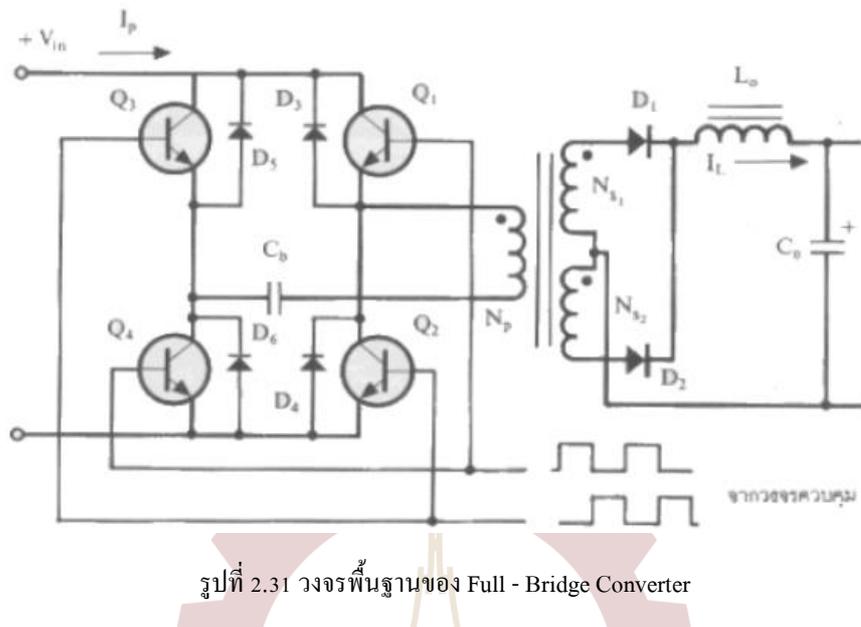
Half - Bridge Converter นิยมใช้กับพิกัดกำลังไฟฟ้าขนาดกลาง มีข้อดีเหมือนวงจรพุก - พูล ยกเว้นค่า

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์จะมีค่าเท่ากับ v_s เท่านั้น

Full - Bridge Converter

คอนเวอร์เตอร์ชนิดนี้ในขณะที่ทำงานจะมีแรงดันตกคร่อมขปฐมภูมิเท่ากับแรงดันอินพุต แต่แรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีค่าเพียงครึ่งหนึ่งของแรงดันอินพุตเท่านั้น และค่ากระแสสูงสุดที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์แต่ละตัวนั้นมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของค่ากระแสสูงสุดใน Half - Bridge Converter ที่กำลังขาออกเท่ากัน เนื่องจากข้อจำกัดด้านเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ลดน้อยลงไป

Full - Bridge Converter จะสามารถให้กำลังไฟฟ้าที่มีค่าสูงตั้งแต่ 500 - 1000W



รูปที่ 2.31 วงจรพื้นฐานของ Full - Bridge Converter



ส
สำนักวิชาวิศ

นิคส์
เทคโนโลยีสุรนารี

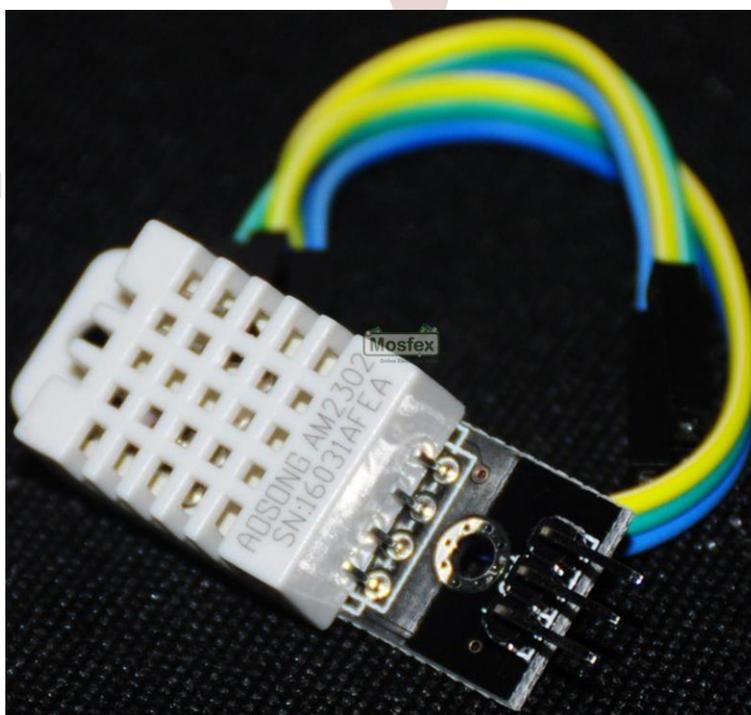
รูปที่ 2.32 Switching Power Supply 12V

DHT22 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ+ความชื้น

DHT22 เป็นเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นที่มีความแม่นยำสูงในการวัด สามารถวัดได้ในย่านอุณหภูมิ ตั้งแต่ -40 องศาเซลเซียส ถึง +80 องศาเซลเซียส ความแม่นยำน้อยกว่า ± 0.5 เซลเซียส และวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ในย่าน 0-100%RH ความแม่นยำ $\pm 2-5\%$ RH สามารถวัดได้ละเอียดในระดับทศนิยม 1 ตำแหน่ง (0.1) ใช้งานได้นานและทนทาน เหมาะสำหรับนำไปใช้ในงานวัดที่ต้องการความแม่นยำสูง คนความร้อนเย็นวัดในย่านติดลบได้ก็ต่อวันนี้ โมดูลมาพร้อม PCB และสายไฟ ต่อ R4.7K เรียบร้อยต่อสายใช้งานได้ทันที ต่อไฟได้ตั้งแต่ 3.3v - 6VDC

รายละเอียดเพิ่มเติม

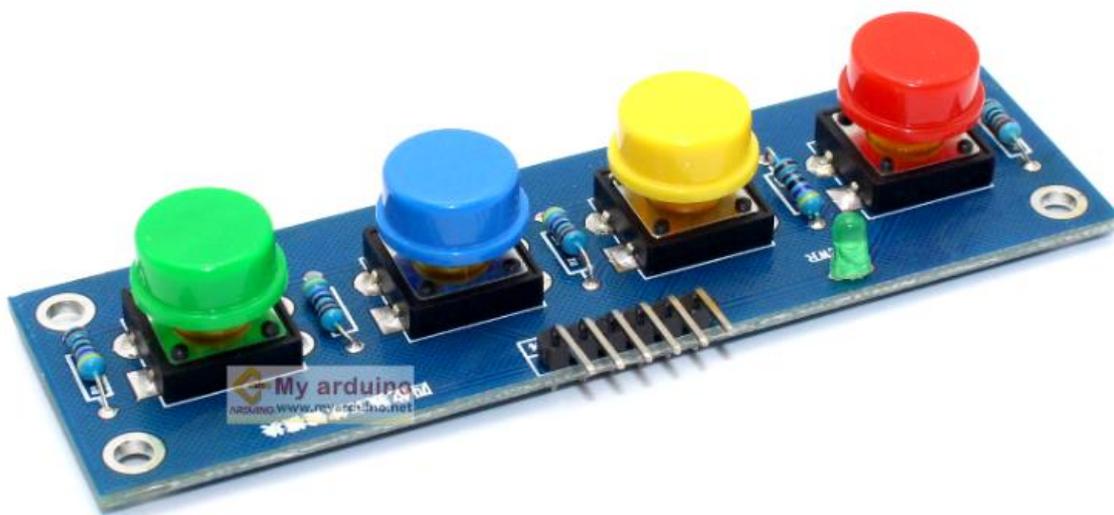
| | |
|---------------------------|---|
| Model | DHT22 |
| Power supply | 3.3-6V DC |
| Output signal | digital signal via single-bus |
| Sensing element | Polymer capacitor |
| Operating range | humidity 0-100%RH; temperature -40~80Celsius |
| Accuracy | humidity $\pm 2\%$ RH (Max $\pm 5\%$ RH); temperature ± 0.5 Celsius |
| Resolution or sensitivity | humidity 0.1%RH; temperature 0.1Celsius |
| Repeatability | humidity $\pm 1\%$ RH; temperature ± 0.2 Celsius |
| Humidity hysteresis | $\pm 0.3\%$ RH |
| Long-term Stability | $\pm 0.5\%$ RH/year |
| Sensing period | Average: 2s |
| Interchangeability | fully interchangeable |



รูปที่ 2.33 DHT22 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ+ความชื้น

โมดูลสวิตช์กดติดปลั๊ก 4 ปุ่ม 4 สี สำหรับ Arduino

สวิตช์กดติดปลั๊ก 4 ปุ่ม พร้อมไฟแสดงสถานะ รองรับสัญญาณไฟ 3-6V ขาออกแบบมาสำหรับ Arduino ทำให้ทดลองง่าย เพียงแค่เสียบไม่ต้องต่อสายไฟเพิ่ม ต่อขาสัญญาณ digital จาก arduino อ่านค่าได้เลย



รูปที่ 2.34 โมดูลสวิตช์กดติดปลั๊ก 4 ปุ่ม 4 สี สำหรับ Arduino

20x4 LCD+I2C Interface with backlight

คำว่า LCD ย่อมาจากคำว่า Liquid Crystal Display ซึ่งเป็นจอที่ทำมาจากผลึกคริสตอลเหลว หลักการคือ

ด้านหลังจอจะมีไฟส่องสว่าง หรือที่เรียกว่า Backlight อยู่ เมื่อมีการป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นที่ผลึก ก็จะทำให้ผลึกโปร่งแสง ทำให้แสงที่มาจากไฟ Backlight แสดงขึ้นมาบนหน้าจอ ส่วนอื่นที่โดนผลึกปิดกั้นไว้จะไม่สว่าง ผลึกมีสีที่แตกต่างกันตามสีของผลึกคริสตอล เช่นสีเขียว หรือ สีฟ้า ฯลฯ ทำให้เมื่อมองไปที่จอก็จะพบกับตัวหนังสือ

แล้วพบกับพื้นหลังสีต่างๆกัน

จอ Liquid Crystal Display (LCD) เป็นจอแสดงผลรูปแบบหนึ่งที่นิยมนำมาใช้งานกับระบบสมองกล

ฝั่งตัวอย่างแพร่หลาย จอ LCD มีทั้งแบบแสดงผลเป็นตัวอักษรเรียกว่า Character LCD ซึ่งมีการกำหนดตัวอักษร

หรืออักขระที่สามารถแสดงผลไว้ได้อยู่แล้ว และแบบที่สามารถแสดงผลเป็นรูปภาพหรือสัญลักษณ์ได้ตามความ

ต้องการของผู้ใช้งานเรียกว่า Graphic LCD นอกจากนี้บางชนิดเป็นจอที่มีการผลิตขึ้นมาใช้เฉพาะงาน ทำให้มี

รูปแบบและรูปร่างเฉพาะเจาะจงในการแสดงผล เช่นนาฬิกาดิจิตอล เครื่องคิดเลข หรือ หน้าปัดวิทยุ เป็นต้น

จอ LCD แบ่งเป็น 2 แบบใหญ่ๆตามลักษณะการแสดงผลดังนี้

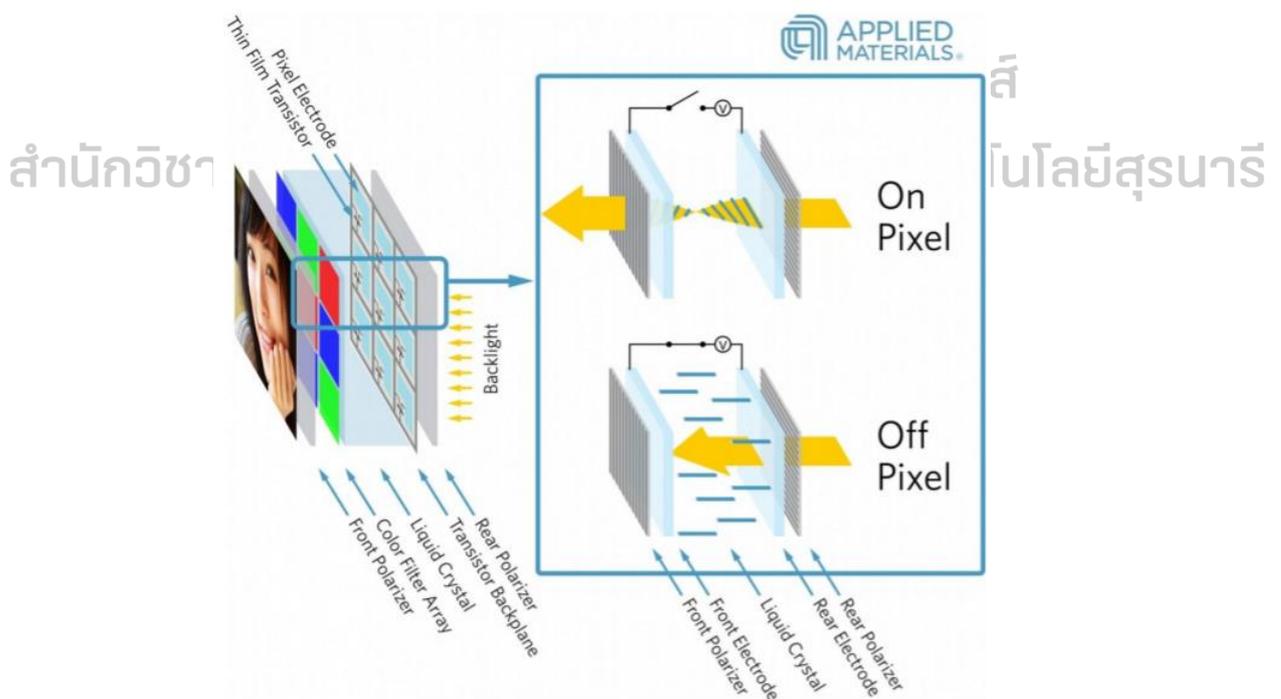
1. Character LCD เป็นจอที่แสดงผลเป็นตัวอักษรตามช่องแบบตายตัว เช่นจอ LCD ขนาด 16x2

หมายถึงใน 1 แถวมีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน ส่วน 20x4 จะหมายถึงใน 1 แถวมีตัวอักษรใส่ได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 4 บรรทัด

2. Graphic LCD เป็นจอที่สามารถกำหนดได้ว่าจะให้แต่ละจุดบนหน้าจอขึ้นแสง หรือปล่อยแสงออกไป ทำให้อินทรีย์สามารถสร้างรูปขึ้นมาบนหน้าจอได้ การระบุขนาดจะระบุในลักษณะของจำนวนจุด (Pixels) ในแต่ละแนว เช่น 128x64 หมายถึงจอที่มีจำนวนจุดตามแนวนอน 128 จุด และมีจุดตามแนวตั้ง 64 จุด

หลักการทํางานอาศัย-ของเหลวพิเศษที่มีคุณสมบัติการบิดแกนโพลาไรซ์ของแสง ถ้าจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าไประหว่างสารเหล่านี้ โมเลกุลจะบิดตัวและทำให้แสงไม่สามารถผ่านกระจกออกมาได้ ถ้าไม่มีการจ่ายแรงดันไฟฟ้า แสงจะทะลุผ่านออกมาได้

รูปที่ 2.18 อธิบายการทำงานเกิดจากกระจกโพลาไรซ์ 2 แผ่น ที่มีแกนตั้งฉากกัน แสงจะไม่สามารถลอดผ่านออกมาได้ เปรียบเหมือนเอาแว่นตาโพลาไรซ์สองอันมาบิดทำมุมตั้งฉากกัน แสงจะไม่ลอดผ่าน และมีการค้นพบว่า มีของเหลวชนิดหนึ่งที่ปกติแล้วจะสามารถ "บิดแกนโพลาไรซ์ของแสง" ได้ จึงเกิดความคิดเอามาทำจอ LCD



รูปที่ 2.35 โครงสร้างภายในจอ LCD

โครงสร้างโดยทั่วไปของ LCD

โครงสร้างของ LCD ทั่วไปจะประกอบขึ้นด้วยแผ่นแก้ว 2 แผ่นประกบกันอยู่ โดยเว้นช่องว่างตรงกลางไว้ 6-10 ไมโครเมตร ผิวด้านในของแผ่นแก้วจะเคลือบด้วยตัวนำไฟฟ้าแบบใสเพื่อใช้แสดงตัวอักษร ตรงกลางระหว่าง ตัวนำไฟฟ้าแบบใสกับผลึกเหลว มีชั้นของสารที่ทำให้โมเลกุลของผลึกรวมตัวกันในทิศทางที่แสงส่องมากระทบ เรียกว่า Alignment Layer และผลึกเหลวที่ใช้โดยทั่วไปจะเป็นแบบ Magnetic โดย LCD สามารถแสดงผลให้เรามองเห็นได้ทั้งหมด 3 แบบด้วยกันคือ

1. แบบใช้การสะท้อนแสง (Reflective Mode) LCD

แบบนี้ใช้สารประเภทโลหะเคลือบอยู่ที่แผ่นหลังของ LCD ซึ่ง LCD ประเภทนี้เหมาะกับการนำมาใช้งานในที่ที่มีแสงสว่างเพียงพอ

2. แบบใช้การส่งผ่าน (Transitive Mode) LCD

แบบนี้วางหลอดไฟไว้ด้านหลังจอ เพื่อให้การอ่านค่าที่แสดงผลทำได้ชัดเจน

3. แบบส่งผ่านและสะท้อน (Transflective Mode) LCD

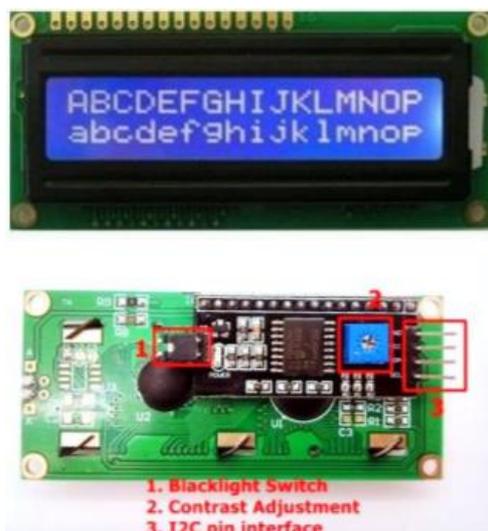
แบบนี้เป็นการนำเอาข้อดีของจอแสดงผล LCD ทั้ง 2 แบบมารวมกัน

ในบทนี้จะกล่าวถึงจอ LCD ที่แสดงผลเป็นอักขระหรือตัวอักษร ตามท้องตลาดทั่วไปจะมีหลายแบบด้วยกันมีทั้ง 16 ตัวอักษร 20 ตัวอักษรหรือมากกว่า และจำนวนบรรทัดจะมีตั้งแต่ 1 บรรทัด 2 บรรทัด 4 บรรทัดหรือมากกว่า ตามแต่ความต้องการและลักษณะของงานที่ใช้ หรืออาจจะมีแบบสั่งทเฉพาะงานก็เป็นได้ ในบทนี้จะ ยกตัวอย่างจอ LCD ขนาด 16x2 Character หรือที่นิยมเรียกกันว่าจอ LCD 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด สามารถหาซื้อได้ง่ายและมีราคาไม่สูง เหมาะสมกับการใช้งานแสดงผลไม่มากในหน้าจอดีียว

จอ LCD 16x2 Character ที่นิยมวางจำหน่ายจะมีอยู่ 2 แบบด้วยกันคือ LCD แบบปกติที่เชื่อมต่อแบบ ขนาน (Parallel) และ LCD แบบที่เชื่อมต่ออนุกรม (Serial) แบบ I2C โดยทั้ง 2 แบบตัวจอมีลักษณะเดียวกัน เพียงแต่แบบ I2C จะมีบอร์ดเสริมทำให้สื่อสารแบบ I2C ได้เชื่อมต่อได้สะดวกขึ้น



รูปที่ 2.36 จอ LCD 16x2 Character (Parallel)



รูปที่ 2.37 จอ LCD 16x2 Character (I2C)

การเชื่อมต่อสัญญาณขาข้อมูลระหว่าง Arduino กับ LCD Controller

ในการควบคุมหรือสั่งงาน โดยทั่วไปจอ LCD จะมีส่วนควบคุม (Controller) อยู่ในตัวแล้ว ผู้ใช้สามารถส่งรหัสคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของจอ LCD (I2C) เช่นเดียวกับกับจอ LCD แบบธรรมดา พูดังๆ คือรหัส คำสั่งที่ใช้ในการควบคุมนั้นเหมือนกัน แต่ต่างกันตรงที่รูปแบบในการรับส่งข้อมูล ในบทความนี้เราจะมาพูดถึงจอ LCD 16x2 ที่มีคำสั่งข้อมูลรูปแบบ I2C ที่ใช้ขาเพียง 4 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อเท่านั้น

ในการควบคุมหรือสั่งงานจอ LCD Controller ของจอนี้เป็น Hitachi เบอร์ HD44780 และขาในการเชื่อมต่อระหว่าง LCD กับ Arduino มีดังนี้

1. GND เป็นกราวด์ใช้ต่อระหว่าง Ground ของ Arduino กับ LCD
2. VCC เป็นไฟเลี้ยงวงจรที่ป้อนให้กับ LCD ขนาด +5VDC
3. VO ใช้ปรับความสว่างของหน้าจอ LCD
4. RS ใช้บอกให้ LCD Controller ทราบว่า Code ที่ส่งมาจาก Data เป็นคำสั่งหรือข้อมูล
5. R/W ใช้กำหนดว่าจะอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ LCD Controller
6. E เป็นขา Enable หรือ Chips Select เพื่อกำหนดการทำงานของ LCD Controller
7. DB0-DB7 เป็นขาสัญญาณ Data ใช้สำหรับเขียนหรืออ่านข้อมูล/คำสั่ง กับ LCD Controller

วิธีการสั่งงานจะแตกต่างกันไปโดย LCD Controller สามารถรับรหัสคำสั่งจาก Arduino ได้จากสัญญาณ RS R/W และ DB0-DB7 ในขณะที่สัญญาณ E มีค่า Logic เป็น "1" ซึ่งสัญญาณเหล่านี้จะใช้ร่วมกันเพื่อกำหนดเป็นรหัสคำสั่งสำหรับสั่งงาน LCD โดยหน้าที่ของแต่ละสัญญาณสรุปได้ดังนี้

1. E เป็นสัญญาณ Enable เมื่อมีค่าเป็น

"1" เป็นการบอกให้ LCD ทราบว่าอุปกรณ์ภายนอกต้องการคิดต่ออ่านหรือเขียนข้อมูล

“0” ให้ LCD ไม่สนใจสัญญาณ RS R/W และ DB7-DB0

2. RS เป็นสัญญาณสำหรับกำหนดให้ LCD ทราบว่าอุปกรณ์ภายนอกต้องการติดต่อกับ LCD ในขณะนั้น เป็นรหัสคำสั่งหรือข้อมูล โดย

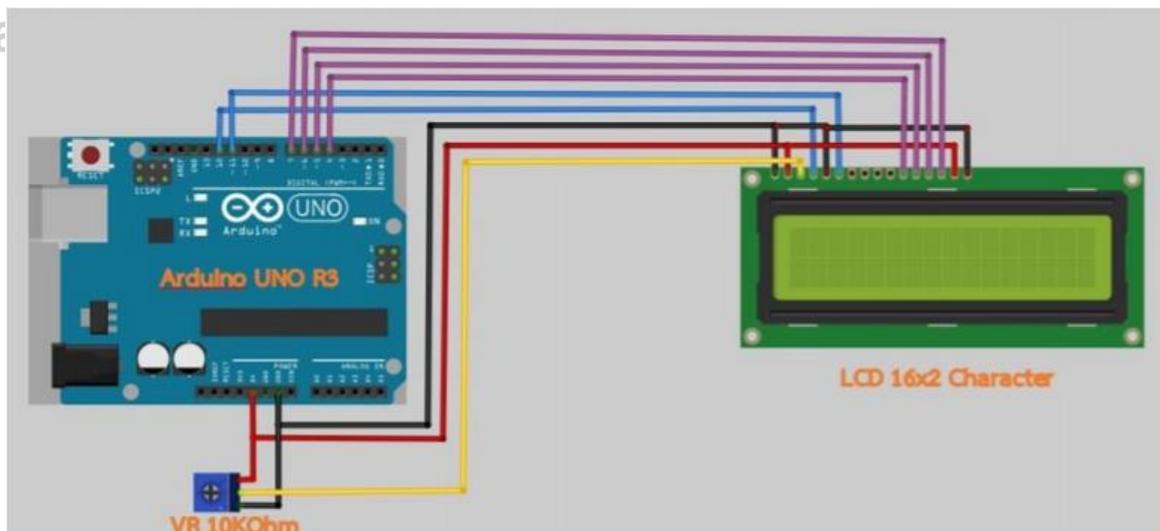
3. R/W เป็นสัญญาณสำหรับบอกให้ LCD ทราบว่าอุปกรณ์ภายนอกต้องการอ่านหรือเขียนกับ LCD โดย R/W = “0” หมายถึง เขียน

R/W = “1” หมายถึง อ่าน

4. DB0-DB7 เป็นสัญญาณแบบ 2 ทิศทาง โดยจะสัมพันธ์กับสัญญาณ R/W ใช้สำหรับรับคำสั่งและข้อมูล ระหว่าง LCD กับอุปกรณ์ภายนอก โดยถ้า R/W = “0” สัญญาณ DB7-DB0 จะส่งจากอุปกรณ์ภายนอกมาที่ LCD แต่ถ้า R/W = “1” สัญญาณ DB7-DB0 จะส่งจาก LCD ไปยังอุปกรณ์ภายนอก

การเชื่อมต่อสัญญาณขาข้อมูลระหว่าง Arduino กับ LCD Controller สามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ การเชื่อมต่อแบบ 8 บิต (DB0-DB7) และการเชื่อมต่อแบบ 4 บิต (DB4-DB7) ทั้งสองแบบแตกต่างกันเพียงจำนวนขาที่ใช้คือ 8 หรือ 4 ขา และยังสามารถทำงานได้เหมือนกัน อย่างที่แน่นอนในการส่งข้อมูลแบบ 4 ขา ผลย่อมทำได้ช้ากว่า 8 ขา แต่ไม่ได้ช้ามากจนสังเกตได้ด้วยสายตา

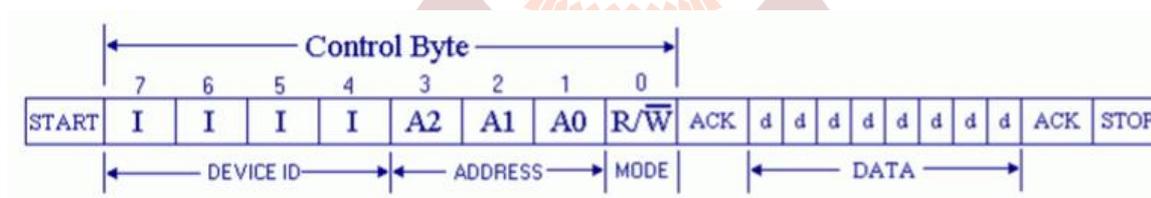
ในการต่อกับ Arduino นั้นจึงนิยมต่อเพียง 4 ขาหรือ 4 บิตเท่านั้น เพื่อเป็นการประหยัดขาในการต่อใช้งานไปไว้ต่อกับอุปกรณ์อื่น ตัวอย่างเช่น Arduino UNO R3 นั้นมีขาให้ใช้งานก่อนข้างน้อย



รูปที่ 2.38 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ Arduino UNO R3

| VR 10 KOhm | LCD | Arduino |
|------------|---------|-------------------------------|
| GND | VSS/GND | Ground |
| VCC | VDD | +5VDC |
| Signal | VO/VEE | - |
| - | RS | Digital Pin 12 |
| - | RW | Ground (เพราะเราต้องการเขียน) |
| - | E/EN | Digital Pin 11 |
| - | DB4 | Digital Pin 4 |
| - | DB5 | Digital Pin 5 |
| - | DB6 | Digital Pin 6 |
| - | DB7 | Digital Pin 7 |
| - | A | +5VDC |
| - | K | Ground |

ตารางที่ 2.2 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ Arduino UNO R3



รูปที่ 2.39 การรับ-ส่งข้อมูลแบบ I2C BUS

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ลำดับขั้นตอนการการรับ-ส่งข้อมูลแบบ I2C BUS มีดังนี้

1. MCU จะทำการส่งสถานะเริ่มต้น (START Conditions) เพื่อแสดงการขอใช้บัส
2. แล้วตามด้วยรหัสควบคุม (Control Byte) ซึ่งประกอบด้วยรหัสประจำตัวอุปกรณ์ Device ID, Device Address และ Mode ในการเขียนหรืออ่านข้อมูล
3. เมื่ออุปกรณ์รับทราบว่ามี MCU ต้องการจะติดต่อกับมัน ก็ต้องส่งสถานะรับรู้ (Acknowledge) หรือแจ้งให้ MCU รับรู้ว่ามีข้อมูลที่ส่งมามีความถูกต้อง
4. เมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล MCU จะต้องส่งสถานะสิ้นสุด (STOP Conditions) เพื่อบอกกับอุปกรณ์ว่าสิ้นสุดการใช้บัส

การเชื่อมต่อ Arduino กับจอ Character LCD

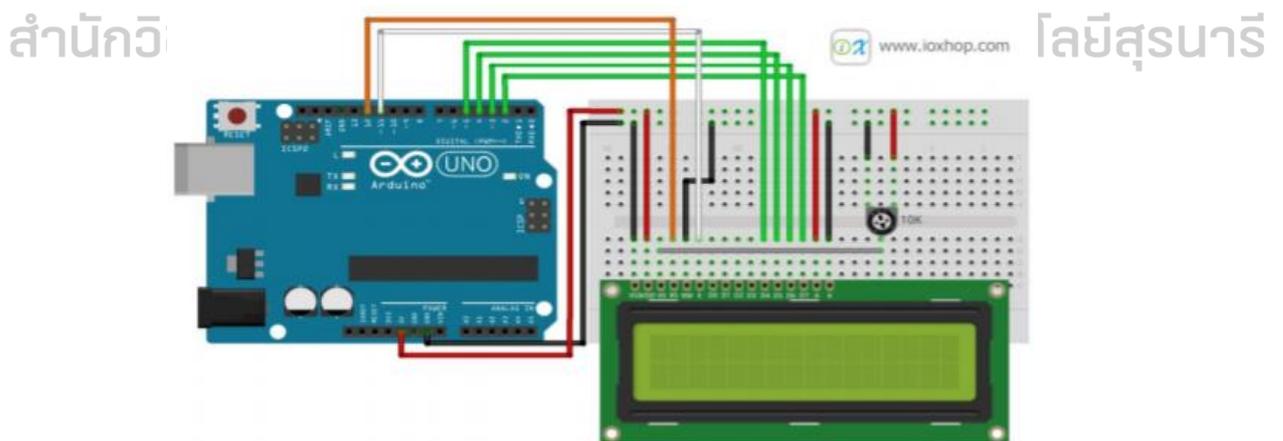
1. การเชื่อมต่อแบบขนาน - เป็นการเชื่อมต่อจอ LCD เข้ากับบอร์ด Arduino โดยตรง โดยจะแบ่งเป็นเชื่อมต่อแบบ 4 บิต และการเชื่อมต่อแบบ 8 บิต ใน Arduino จะนิยมเชื่อมต่อแบบ 4 บิต เนื่องจากใช้ต่อน้อยกว่า
2. การเชื่อมต่อแบบอนุกรม - เป็นการเชื่อมต่อกับจอ LCD ผ่านโมดูลแปลงรูปแบบการเชื่อมต่อกับจอ LCD จากแบบขนานมาเป็นการเชื่อมต่อแบบอื่นที่ใช้สายน้อยกว่า เช่น การใช้โมดูล I2C Serial Interface จะเป็นการนำโมดูลเชื่อมเข้ากับตัวจอ LCD แล้วใช้บอร์ด Arduino เชื่อมต่อกับบอร์ดโมดูลผ่านโปรโตคอล I2C ท ำให้ใช้สายเพียง 4 เส้นก็สามารถท ำให้น้ำจอแสดงผลข้อความต่างๆออกมาได้



รูปที่ 2.40 รายละเอียดการต่อจอ LCD 16x2 Character (I2C)

การเชื่อมต่อ Arduino กับจอ LCD แบบขนาน

การเชื่อมต่อแบบขนาน 4 บิต สามารถต่อได้ตามวงจรดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.41 การใช้งาน Character LCD กับ Arduino การเชื่อมต่อแบบขนาน

เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้วต่อสาย USB เข้ากับบอร์ด Arduino จะเห็นกล่องสี่เหลี่ยมทั้งหมด 16 ตัว (หากเป็นจอ 16x2) ในบรรทัดแรกหากไม่พบกล่องให้ปรับความชัดได้จาก VR ที่ต่ออยู่กับขา V0

| Pin No | Symbol | Description |
|--------|---------|---|
| 1 | VSS/GND | Ground |
| 2 | VDD | +5VDC |
| 3 | VO/VEE | LCD Control สำหรับปรับความเข้มของตัวอักษร |
| 4 | RS | Register Select เป็นขาอินพุตสำหรับเลือกเขียนอ่านข้อมูลในรีจิสเตอร์ |
| 5 | RW | Read/Write เป็นขาอินพุตสำหรับเลือกโหมดเขียนหรืออ่านข้อมูล |
| 6 | E/EN | Enable เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณ Pulse เมื่อต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูล |
| 7 | DB0 | Data Pins 8-Bit |
| 8 | DB1 | |
| 9 | DB2 | |
| 10 | DB3 | |
| 11 | DB4 | |
| 12 | DB5 | |
| 13 | DB6 | |
| 14 | DB7 | |
| 15 | A | (LED+) เป็นขา Vcc สำหรับ LED backlight (5V) |
| 16 | K | (LED-) เป็นขา Gnd สำหรับ LED backlight (Gnd) |

ตารางที่ 2.3 ตารางขาของจอ LCD 16x2 แบบขนาน

การเชื่อมต่อ Arduino กับจอ LCD แบบอนุกรม

จอ LCD ที่มีการเชื่อมแบบ I2C หรือเรียกอีกอย่างว่าการเชื่อมต่อแบบ Serial เป็นจอ LCD ธรรมดาทั่วไป ที่มาพร้อมกับบอร์ด I2C Bus ที่ทำให้การใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้นและมาพร้อมกับ VR สำหรับปรับความเข้มของจอในรูปแบบ I2C ใช้ขาในการเชื่อมต่อกับ Arduino เพียง 4 ขา (แบบ Parallel ใช้ 16 ขา) ซึ่งทำให้ใช้งานได้ง่ายและสะดวกมากยิ่งขึ้น

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีสุรนารี

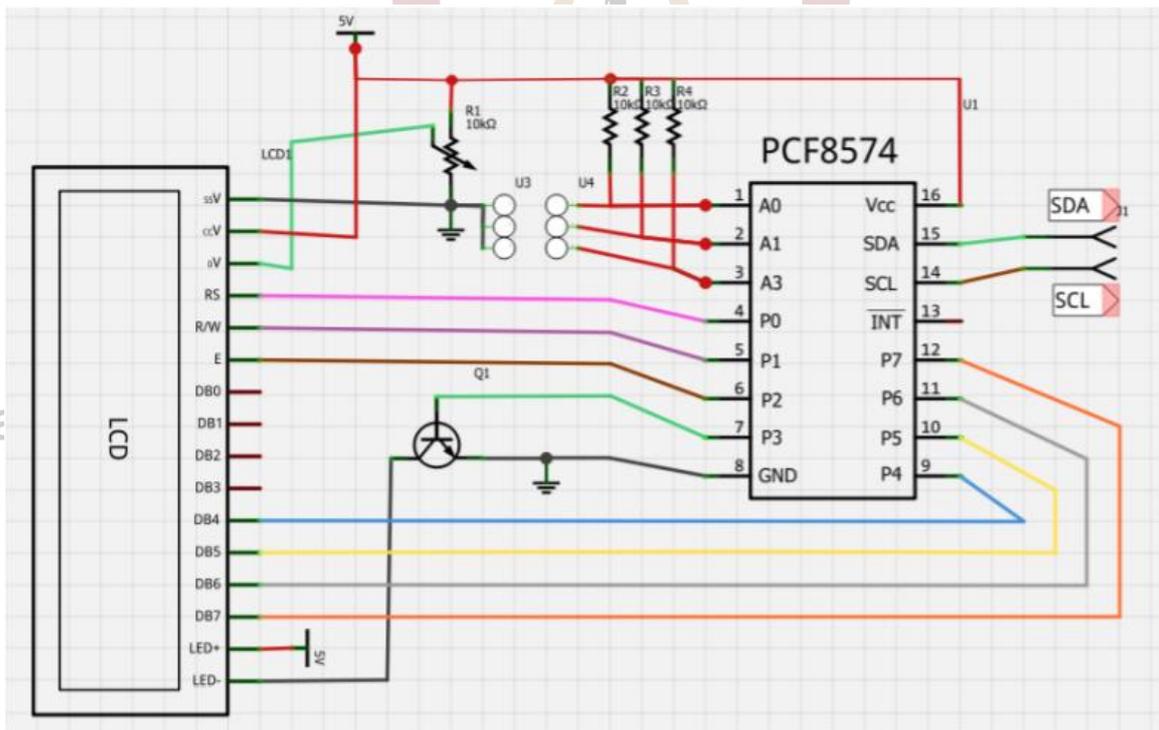


รูปที่ 2.42 แสดงขาของจอ LCD 16x2 แบบอนุกรม (I2C)

| Arduino UNO R3 | LCD (I2C) |
|----------------|----------------------------|
| GND | GND (Pin 1) |
| +5VDC | VCC (Pin 2) |
| A4 (SDA) | SDA (Pin 3 Serial Data) |
| A5 (SCL) | SCL (Pin 4 Serial Clock) |

ตารางที่ 2.4 ตารางขาของจอ LCD 16x2 แบบขนาน

สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง Arduino กับ LCD ที่มีบอร์ด I2C อยู่แล้วนั้น การส่งข้อมูลจาก Arduino ถูกส่งออกมาในรูปแบบ I2C ไปยังบอร์ด I2C และบอร์ดจะมีหน้าที่จัดการข้อมูลให้ออกมาในรูปแบบปกติ หรือแบบ Parallel เพื่อใช้ในการติดต่อไปยังจอ LCD โดยที่รหัสคำสั่งที่ใช้ในการสั่งงานจอ LCD ยังคงไม่ต่างกับจอ LCD ที่เป็นแบบ Parallel โดยส่วนใหญ่บอร์ด I2C จะเชื่อมต่อกับตัวควบคุมของจอ LCD เพียง 4 บิตเท่านั้น วงจรภายในระหว่างจอ LCD กับบอร์ด I2C นั้น มีการต่อไว้ดังนี้



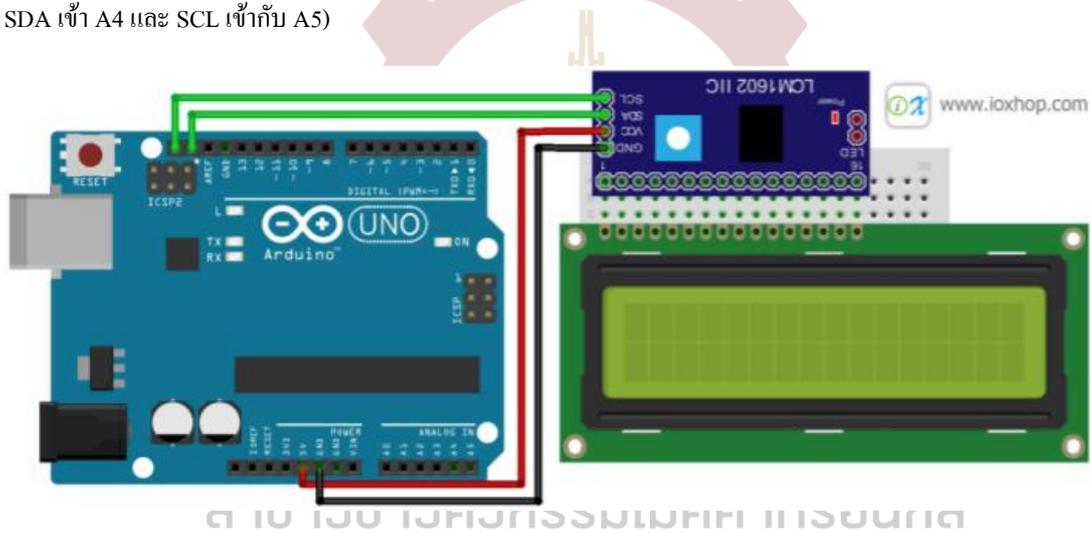
รูปที่ 2.43 การเชื่อมต่อระหว่าง Arduino กับ LCD (I2C)

จากรูปที่ 2.29 วงจรจอ LCD และบอร์ด I2C ได้มีการเชื่อมต่อขาสำหรับรับส่งข้อมูลเป็นแบบ 4 บิต ขาที่เชื่อมต่อไว้คือ ขา P4 > DB4, P5 > DB5, P6 > DB6, P7 > DB7 และขา P2 > E (Enable), P1 > R/W, P0 > RS รวมไปถึงตัวต้านทานสำหรับปรับค่าความเข้มของตัวอักษร และ Switch Backlight จากวงจรขาที่จำเป็นในการใช้งานถูกเชื่อมต่อเข้ากับตัวบอร์ด I2C และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 2.44 โมดูล I2C Serial Interface Board Module

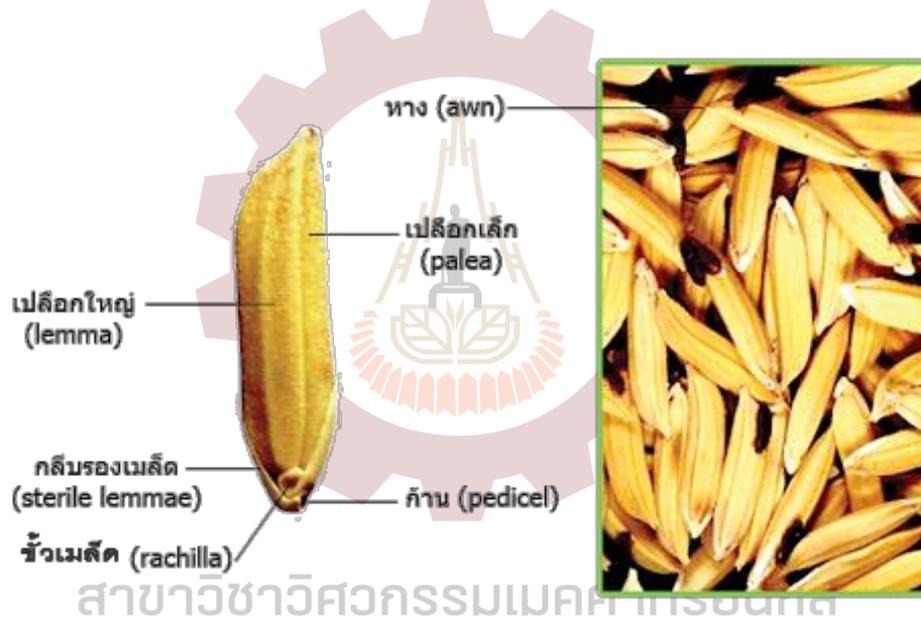
อีกลักษณะหนึ่งการเชื่อมต่อระหว่าง Arduino กับจอ LCD (I2C) แบบอนุกรมใช้งานโมดูล I2C Serial Interface Board Module มาเชื่อมต่อระหว่าง Arduino กับจอ LCD วงจรที่เชื่อมต่อจะเป็นไปตามรูปที่ 2.30 (กรณีใช้บอร์ดรุ่นอื่นต้องต่อ SDA เข้า A4 และ SCL เข้ากับ A5)



รูปที่ 2.45 การเชื่อมต่อโมดูล I2C Serial Interface Board Module

ข้าว

ข้าว (Khao) เป็นพืชตระกูลหญ้า มีอายุสั้นเพียงฤดูเดียว เจริญเติบโตได้ง่ายๆ เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็ก เป็นพืชตระกูลหญ้า มีอายุปีเดียว ลำต้นตั้งตรง ลำต้นมีลักษณะกลมเล็ก ๆ มีข้อและปล้องกลาง ช่วงโคนต้นมีข้อและปล้องสั้นกว่า และยาวขึ้นเรื่อย ๆ มีเปลือกหนา มีขนหยาบๆปกคลุม ต้นมีสีเหลืองนวล ใบเป็นใบเดี่ยว ออกตรงข้ามสลับกัน ใบมีลักษณะยาวรี ขอบใบเรียบ มีเส้นกลางใบตามยาวเห็นชัด ก้านใบออกหุ้มรอบ ๆ ลำต้น มีขนเล็ก ๆ ปกคลุม ผิวใบสากมือ มีสีเขียว ผลเป็นเมล็ด อยู่เป็นช่อ มีลักษณะทรงรีเล็ก ๆ มีเปลือกแข็งแห้งหุ้มเมล็ด เมล็ดอ่อนมีสีเขียว เมล็ดแก่มีสีเหลืองทอง ข้างในมีเมล็ดแข็งมาก มีสีขาวใส สีขาวขุ่น สีดำ สีเหลือง ตามสายพันธุ์ นำมาประกอบอาหารต่าง ๆ หลายเมนู ในประเทศไทยมีการปลูกหลายสายพันธุ์ ที่นิยมปลูกมีชื่อเสียงมากคือ ข้าวหอมมะลิ เมล็ดข้าวแบ่งออกสองชนิดคือ ข้าวเหนียว และข้าวเจ้า



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคานิค

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 2.46 องค์ประกอบเมล็ดข้าว

องค์ประกอบภายในเมล็ดข้าว

เนื่องจากภายในเมล็ดข้าวมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และมีโปรตีน ประมาณ 5-14% (ข้าวส่วนใหญ่มีโปรตีน 6-8%) ทำให้ข้าวแต่ละพันธุ์มีคุณภาพข้าวสุกแตกต่างกัน แป้งข้าวมีส่วนประกอบย่อย 2 ส่วน คือ

- อมิโลเปกติน (amylopectin) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากการรวมตัวของกลูโคสเป็น โมเลกุลใหญ่มีโครงสร้างเชื่อมต่อกันแบบแยกเป็นกิ่งก้านสาขา (branched chain) อมิโลเปกติน เมื่อเชื่อมต่อกับสารละลายไอโอดีน จะเป็นสีน้ำตาลแดง และเป็นส่วนที่ทำให้ ข้าวสุกเหนียวติดกัน

- อมิโลส (amylose) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากการรวมตัวของกลูโคสจำนวนมาก เช่นกันแต่มีโครงสร้างต่อกันเป็นแนวยาว (Linear chain) เมื่อเชื่อมต่อกับสารละลายไอโอดีน จะมีสีน้ำเงินและมีผลให้การเกาะตัวหรือความเหนียวของข้าวสุกลดลง เมื่ออมิโลสเพิ่มขึ้น

โครงสร้างของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าว (rice fruit, rice grain, rice seed) เป็นผลชนิด caryopsis เนื่องจากส่วนที่เป็นเมล็ดเดี่ยว (single seed) ติดแน่นอยู่กับผนังของรังไข่หรือเยื่อหุ้มผล (pericarp)

เมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนใหญ่ๆ 2 ส่วนคือ

1. ส่วนที่ห่อหุ้ม เรียกว่า แกลบ (hull หรือ husk)
2. ส่วนที่รับประทานได้ เรียกว่า ข้าวกล้อง (caryopsis หรือ brown rice)

แกลบ ประกอบด้วย เปลือกใหญ่ (lemma) เปลือกเล็ก (palea) หาง (awn) ขี้เมล็ด (rachilla) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemmas)

ข้าวกล้อง หรือเมล็ดข้าวที่เอาเปลือกออกแล้ว ประกอบด้วย

ก. เยื่อหุ้มผล (pericarp) หรือ fruit coat ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้นด้วยกัน คือ epicarp, mesocarp และ endocarp, pericarp มีลักษณะเป็น fibrous ผนังเซลล์ประกอบด้วย protein, cellulose และ hemicellulose

ข. เยื่อหุ้มเมล็ด (tegmen หรือ seed coat) อยู่ถัดจาก pericarp เข้าไป ประกอบด้วย เนื้อเยื่อสองชั้นเรียงกันเป็นแถวเป็นที่อยู่ของสารประเภทไขมัน (fatty material)

ค. เยื่อaleurone (aleurone) อยู่ต่อจาก tegmen ห่อหุ้ม starchy endosperm (ข้าวสาร) และ embryo (คัพภะ) aleurone layer มี protein สูง นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วย oil, cellulose และ hemicellulose

ง. ส่วนที่เป็นแป้ง (starch endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสาร อยู่ชั้นในสุดของเมล็ดประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่และมีโปรตีนอยู่บ้าง แป้งในเมล็ดข้าวมี 2 ชนิด คือ

amylopectin ซึ่งเป็น polymer ของ D-glucose ที่ต่อกันเป็น branch chain

amylose ซึ่งเป็น polymer ของ D-glucose ที่ต่อกันเป็น branch chain และ amylose ซึ่งเป็น polymer ของ D-glucose ที่ต่อกันเป็น linear chain

ส่วนประกอบของแป้งทั้ง 2 ชนิด มีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามชนิดข้าว ในข้าวเหนียวจะมี amylose อยู่ประมาณ 0-2 % ส่วนที่เหลือเป็น amylopectin ข้าวเจ้ามี amylose มากกว่าคือ ประมาณ 7-33% ของน้ำหนักข้าวสาร

จ. คัพภะ (embryo) อยู่ติดกับ endosperm ทางด้าน lemma เป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นต่อไป embryo ประกอบด้วย ต้นอ่อน (plumule) รากอ่อน (radicle) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (coleoptile) เยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza) ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และ ใบเลี้ยง (scutellum) embryo เป็นส่วนที่มี protein และ fat สูง

ความหนาแน่นของข้าวเปลือก แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ความหนาแน่นจริง ρ_{true} และความหนาแน่นปรากฏ

(Bulk density, ρ_p) โดยข้าวเปลือกที่รวมเป็นกองนิยมใช้ หนาแน่นปรากฏ (Bulk density, ρ_p) ในการวิเคราะห์ จากการศึกษาหาความหนาแน่นของกองเมล็ดข้าวเปลือก

สัดส่วนช่องว่างของอากาศ (ε) คือ สัดส่วนระหว่างความหนาแน่นปรากฏกับความหนาแน่นจริง ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_p}{\rho_{true}}$$

ปัจจัยที่มีผลต่อราคาข้าว

1. พันธุ์ข้าว ข้าวคุณภาพดี ต้องมีความบริสุทธิ์ของพันธุ์ ตามมาตรฐานกระทรวงพาณิชย์กำหนดให้มีเมล็ดแดงไม่เกิน 8 เมล็ด จาก 100 เมล็ด ข้าวที่ดีเริ่มจากเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพ ไม่ควรเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ปลูกเองเกิน 3 รอบการผลิต เนื่องจากอาจจะเกิดพันธุ์ปนเยอะและเมื่อปลูกนาน ๆ ผลผลิตต่อไร่จะต่ำ ลงเรื่อย ๆ
2. กรัมข้าว คือ ข้าวที่เมื่อผ่านการสีแล้วรูปทรงสมบูรณ์ ไม่หัก เป็นข้าวเต็มเมล็ด ถ้าเป็นข้าวหอมมะลิ อย่างน้อยที่สุดต้องได้ กรัมข้าวไม่ต่ำกว่า 36 กรัม (ข้าวเปลือก 100 กรัม เมื่อเอามาสีแล้ว ต้องได้ข้าวเต็มเมล็ดอย่างน้อย 36 กรัม) การที่จะได้กรัมข้าวที่สูงนั้น การลดความชื้นเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก ปัจจุบัน โรงสีมักนิยมซื้อข้าวสดจากชาวนา แล้วมาลดความชื้น โดยเครื่องอบลดความชื้นซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดความชื้นดีกว่าการตากบนลานด้วยวิธีที่ไม่ถูกต้องเพราะหากตากบนพื้นปูนซีเมนต์โดยไม่มီးอะไรรอง ไม่พลิกกลับข้าว และตากนานเกินไป จะทำให้ข้าวแห้ง กรอบ และแตกหักง่ายเมื่อสี จะได้กรัมข้าวที่น้อย ดังนั้น ขั้นตอนนี้ควรได้รับความใส่ใจเป็นพิเศษ การใช้ส้อมรอง พลิกข้าวให้เสมอกันและนำเก็บไว้ในที่มิดชิดจากความชื้น เช่น น้ำค้างหรือฝน จะทำให้กรัมข้าวมีคุณภาพที่ดี นอกจากนี้ ไม่ควรตากเกิน 3 แดด
3. ความชื้น สิ่งที่ชาวนาส่วนใหญ่มักกังวลมากที่สุด คือ ความชื้น ราคาที่กระทรวงพาณิชย์ประกาศ เป็นราคาข้าวที่ความชื้น 15% ความชื้นของข้าวมีผลต่อราคา เนื่องจากมีการกำหนดราคาอ้างอิงเพื่อให้ชาวนาไม่ถูกเอาเปรียบ ยังมี % ความชื้นสูง ยังมีน้ำในข้าวมาก แสดงว่ามีน้ำหนักข้าวจริง ๆ น้อย จึงต้องลดทอนราคาลงตามปริมาณน้ำที่มีอยู่ในข้าวเปลือก หากมีความชื้นในข้าวเกินที่กำหนด 15% ราคาที่ชาวนาจะขายได้ จะเป็นการคิดคำนวณโดยเทียบมาจากราคาข้าวที่ความชื้น 15% วิธีนี้เป็นสูตรที่ใช้ในการหักลดราคาข้าวตาม % ความชื้นมีความถูกต้อง และเป็นธรรมทั้งต่อชาวนาและผู้ประกอบการ
4. สิ่งเจือปน ข้าวที่มีคุณภาพดีต้องมีสิ่งเจือปน เช่น เมล็ดหญ้า กระจวด เป็นต้น ไม่เกิน 2% การที่มีสิ่งเจือปนสูง ผู้ประกอบการต้องใช้เครื่องจักร/เทคโนโลยีในการแยกสิ่งเจือปน เป็นการเพิ่มต้นทุนในการแปรรูปข้าว แต่ถ้าหากชาวนาผลิตข้าวได้คุณภาพดี สิ่งเจือปนน้อย ก็จะได้ราคาข้าวดี วิธีนี้จะช่วยลดต้นทุนในการผลิต (ค่าแยกสิ่งเจือปน) ทำให้ชาวนาได้กำไรมากขึ้นอีกด้วย

การอบแห้ง

การอบแห้ง (Drying) คือ การเอาน้ำออกจากวัสดุที่ต้องการทำให้ปริมาณน้ำในวัสดุนั้นลดลง (ความชื้นลดลง) โดยส่วนใหญ่วัสดุนั้นจะอยู่ในสถานะของแข็ง น้ำที่ระเหยออกจากวัสดุนั้นอาจจะไม่ต้องระเหยที่จุดเดือดแต่ใช้อากาศพัดผ่านวัสดุนั้นเพื่อดึงน้ำออกมา วัสดุจะแห้งได้มาก-น้อยจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของมันด้วย ในการอบ เมื่อทำให้ของเหลวใน

วัตถุดิบระเหยเป็นไอ จะได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่มีสัดส่วนของของเหลวต่ำลง ซึ่งนอกจากจะมีกรณีที่วัตถุดิบมีสภาพเป็นของแข็งที่เปียกชื้นแล้ว ยังมีกรณีที่อบของเหลวข้น (slurry) หรือของเหลวใสเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงอีกด้วย

เครื่องอบโดยมากมักจะเป็นส่วนสุดท้ายของกระบวนการผลิต โดยผลิตภัณฑ์ที่อบแล้วจะกลายเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จทันที ดังนั้น การอบไม่สม่ำเสมอ เช่น ไม่แห้งหรือแห้งเกินไป และรูปร่างของผลิตภัณฑ์ เช่น วัตถุดิบเป็นก้อน รวมทั้งปริมาณผลได้ (yield) จึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสนใจ นอกจากนี้ความร้อนแฝงของการระเหยของของเหลวจะมีค่าสูง การอบจึงสิ้นเปลืองพลังงานมาก การจัดการพลังงานความร้อนจึงเป็นปัญหาที่สำคัญ

อัตราความชื้น

ในการแสดงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัตถุดิบ จะสามารถแสดงได้ด้วยปริมาณน้ำต่อปริมาณมวลรวมเปียก (ค่า wet base) หรือปริมาณน้ำต่อปริมาณวัตถุดิบแห้ง (ค่า dry base) ในขณะที่อบมวลรวมจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย เมื่อคำนวณความชื้นแบบ wet basis จะทำให้ค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงอย่างไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นในการคำนวณทางอุตสาหกรรม จะใช้ค่าความชื้น ที่คำนวณแบบ dry basis ซึ่งมวลแห้งเป็นฐานในการคำนวณ เนื่องจากมวลแห้งนี้มีค่าคงที่ตลอดการอบ จึงมีความสะดวกมากกว่า ถ้าให้ความชื้นที่ wet basis เท่ากับ ω_w และให้ความชื้นที่ dry basis เท่ากับ ω_d แล้ว ค่าทั้งสองจะมีความสัมพันธ์กันดังต่อไปนี้

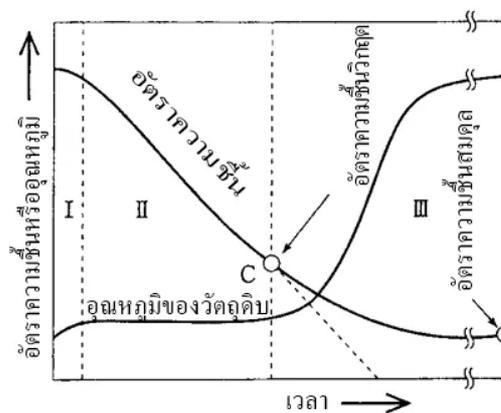
$$\omega_w = [\text{kg-น้ำ/kg-วัตถุดิบเปียก}]$$

$$\omega_d = [\text{kg-น้ำ/kg-วัตถุดิบแห้ง}]$$

อัตราเร็วในการอบกับเส้นกราฟแสดงสมบัติการอบ

เมื่อนำวัตถุดิบที่จะอบซึ่งเปียกชื้นอย่างเพียงพอถึงผิวหน้ามาแขวนไว้ในกระแสลมร้อน แล้วติดตามตรวจวัดอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบนั้น โดยทั่วไปจะได้ผลลัพธ์ดังรูป

ซึ่งกลไกการอบสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะที่มีลักษณะแตกต่างกัน กล่าวคือ (I) ช่วงอุ่นวัตถุดิบ (II) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ (III) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง



รูปที่ 2.47 รูปกราฟอัตราเร็วในการอบ

(I) ช่วงอุ่นวัตุดิบ

ช่วง I เป็นช่วงที่อุณหภูมิของวัตุดิบจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิตั้งต้น (อุณหภูมิห้อง) จนถึงอุณหภูมิสมดุลที่ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการอบ เรียกว่า ช่วงอุ่นวัตุดิบ ในกรณีที่วัตุดิบได้รับความร้อนด้วยการพาความร้อน โดยลมร้อน อุณหภูมิสมดุลนี้จะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะแห้งของลมร้อนนั้น

(II) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่

ในช่วง II วัตุดิบจะมีอุณหภูมิคงที่ ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ได้รับจะถูกใช้ไปในการระเหยความชื้นเท่านั้น ชั้นของการระเหยจะเกิดที่ผิวหน้าของวัตุดิบ โดยอัตราเร็วในการอบจะมีค่าคงที่ ช่วงนี้เรียกว่า ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ ซึ่งจะดำเนินไปตราบเท่าที่มีความชื้นอิสระให้ระเหยอยู่ที่ผิวหน้าของวัตุดิบ โดยอัตราความชื้นของวัตุดิบจะลดลงด้วยอัตราเร็วคงที่

(III) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง

เมื่ออบไปเรื่อยๆ จนปริมาณความชื้นที่ผิวหน้าวัตุดิบแห้งลง และความชื้นภายในเนื้อวัตุดิบเริ่มลดลง ความชื้นอิสระภายในตัววัตุดิบจะเข้มข้นมาทดแทน ให้ทันกับอัตราเร็วในการระเหยที่ผิวหน้า จึงเริ่มเข้าสู่ช่วงที่ III ได้แก่ ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง ชั้นของการระเหยจะค่อยๆ เลื่อนลงลึกเข้าไปในเนื้อวัตุดิบ อุณหภูมิของวัตุดิบจะเริ่มเข้าใกล้อุณหภูมิของลมร้อนจากบริเวณพื้นผิว ในการอบความร้อนจะต้องเข้าไปถึงภายในเนื้อวัตุดิบ นอกจากนี้ความร้อนส่วนหนึ่งยังต้องใช้ไปในการให้ความร้อนตัววัตุดิบเองอีกด้วย อัตราเร็วในการอบจึงค่อยๆ ลดลงตามเวลาที่ผ่านไป

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ความสามารถในการดูดซับความชื้นของวัสดุขึ้น กับกลไกการเคลื่อนที่

สภาพของความชื้นที่มีอยู่ภายในวัสดุขึ้นเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อกลไกการเคลื่อนที่ของความชื้นในวัสดุเปียกนอกจากจะมีความชื้นในรูปน้ำอิสระแล้ว ยังมีน้ำ adsorption water ที่เกาะติดกับพื้นผิวของแข็ง ความชื้น bonding water และไอน้ำในช่องว่างอีกด้วย

ตารางที่ 2.5 จะแบ่งความชื้นในวัสดุออกเป็นตามสภาพของความชื้น โดยอธิบายความสามารถในการอุ้มน้ำภายในวัสดุกับกลไกการเคลื่อนที่ของความชื้น และความดันไอของน้ำของวัสดุต่าง ๆ ต่อไปนี้โดยละเอียด

| | | ประเภทของน้ำที่มีอยู่ | การอุ้มน้ำ | กลไกการเคลื่อนที่ของความชื้น | ความดันไอ p | ตัวอย่างวัสดุ | | |
|------------|---------------|--|--|---|----------------------------------|--|-------------------|------------------------------|
| วัสดุเปียก | เนื้อผสม | non-hydrophilic | น้ำเกาะติดผิวหน้า | แรงดึงผิว | การแพร่ของไอน้ำ | $p = p_w^{*1}$ | พื้นผิวอนุภาคหยาบ | |
| | | | capillary water | funicular water | capillary suction force | การเคลื่อนที่ในสถานะของเหลว | $p = p_w^{*2}$ | ชั้นอนุภาคอิฐของแข็งมีรูพรุน |
| | | | | suspended water | แรงดึงผิว | การแพร่ของไอน้ำ | $p = p_w^{*2}$ | |
| | | osmotic water (ในสภาพแขวนลอย) | osmotic suction force | การเคลื่อนที่ในสถานะของเหลว | $p = p_w$ | ชั้นอนุภาคละเอียด slag ดินเหนียวที่ชื้นมากๆ | | |
| | | hydrophilic ³ | adsorption water | adsorption power | การแพร่ของไอน้ำ | $p < p_w$ | activated alumina | |
| | bonding water | | affinity ระหว่างพื้นผิวของอนุภาคกับน้ำ | การเคลื่อนที่ในสถานะของเหลว การแพร่ของไอน้ำ | $p < p_w$ | ดินเหนียว (ใกล้จะแห้ง) | | |
| | เนื้อเดี่ยว | bonding water (ที่ผ่านสภาพเป็นเจลแล้ว) | affinity ระหว่างโมเลกุลกับน้ำ | การแพร่ของความชื้น | $p < p_w$ | สารละลายไฮโดรลิมอร์ | | |
| | | การละลาย | | การแพร่ของความชื้น | $p < p_w$ | สารละลายในน้ำของสารอินทรีย์ สารละลายในน้ำของเกลือต่างๆ | | |
| | | วัสดุแข็งแห้ง | น้ำแข็ง | | การแพร่ของไอน้ำ (การไหลของไอน้ำ) | $p = p_{ice}^{*4}$ | | |

*1 p_w : ความดันไออิ่มตัวของน้ำอิสระ
 *2 ในหลอด capillary ที่มีขนาดเล็กมากๆ (รัศมี $r < 10^{-8}$ m = 100 Å) แล้ว $p < p_w$
 *3 ในช่วงที่มีความชื้นสูงโดยมากจะแสดงพฤติกรรมเหมือนกับความชื้น (น้ำอิสระ) ในวัสดุ non-hydrophilic
 *4 p_{ice} : ความดันไออิ่มตัวของน้ำแข็ง

ตารางที่ 2.5 จะแบ่งความชื้นในวัสดุออกเป็นตามสภาพของความชื้น

(1) วัสดุ non-hydrophilic

หมายถึงกรณีพื้นผิวที่เป็นองค์ประกอบของของแข็งไม่สามารถดูดความชื้น หรือดูดความชื้นได้น้อยมาก จนปริมาณความชื้นสูงสุด (ปริมาณน้ำ) มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับมวลสัมบูรณ์ของของแข็ง น้ำที่เกาะอยู่บนผิวของวัสดุเหล่านี้จะมีลักษณะดังนี้ ถ้าวัสดุนั้นมีลักษณะ

ของแข็งตันผิวมัน : น้ำจะอยู่ในสภาพน้ำเกาะผิวหน้าที่ทำให้พื้นผิวอนุภาคเปียก

ของแข็งผิวหยาบ : ภายในของแข็งที่มีรูพรุน เช่น อิฐ จะเสมือนมีหลอด capillary ขนาดต่างๆ เป็นจำนวนมาก ด้วยแรง capillary suction force ที่เกิดจากแรงตึงผิวของน้ำ จะดึงดูน้ำไว้ในสภาพ capillary water เมื่อการอบดำเนินไป น้ำ capillary water นี้จะเคลื่อนที่ไปในสถานะของเหลว เหลือแต่น้ำ suspended water ในช่องว่าง น้ำที่เหลือนี้ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปในสถานะของเหลวได้ โดยทั่วไปจะระเหยเป็นไอไปในช่วงการอบด้วยอัตราเร็วลดลง ณ ตำแหน่งเดิม แล้วไอน้ำจะแพร่ไปในรูเล็กๆ ออกไปที่พื้นผิว

ของแข็งผิวละเอียด : กรณีที่มีอนุภาคคอลลอยด์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน $1 \mu\text{m}$ แขนงลอยอยู่ในน้ำ ระหว่างอนุภาคจะมีแรงผลักทางไฟฟ้าซึ่งเกิดจากประจุขั้วเดียวกันบนพื้นผิวอนุภาค ซึ่งจะพยายามให้อนุภาคอยู่ห่างจากกันและดูค้ำเข้ามา แรงดึงดูดนี้เรียกว่า osmotic suction force

(2) วัสดุ hydrophilic

หมายถึงวัสดุที่พื้นผิวของแข็งที่เป็นองค์ประกอบของวัสดุมีสมบัติดูดความชื้น หรือวัสดุที่ตัวของแข็งเองมีสมบัติ adsorption กับน้ำ โดยน้ำที่เกาะอยู่บนผิวของวัสดุเหล่านี้จะมีลักษณะดังนี้

ของแข็งมีรูพรุน : น้ำที่มีอยู่ในช่องว่างในวัสดุในช่วงความชื้นสูงจะเป็นน้ำอิสระ ซึ่งมีพฤติกรรมเหมือนกับกรณีของวัสดุ non-hydrophilic เมื่ออัตราความชื้นลดลง น้ำอิสระนี้จะหายไปก่อน หลังจากนั้นจะเกิดการเคลื่อนที่และระเหยของน้ำ bonding water (น้ำ adsorption water และ absorption water) ความดันไอของน้ำนั้นจะขึ้นอยู่กับทั้งอุณหภูมิและอัตราความชื้น

วัสดุที่มีลักษณะเป็น cytoplasm : กรณีที่เซลล์ต่างๆ อิ่มตัวอยู่ด้วยน้ำอย่างเพียงพอ ทั้ง cytoplasm และช่องว่างภายในเซลล์จะอิ่มตัวไปด้วยน้ำ เมื่ออัตราความชื้นลดลง น้ำในช่องว่างภายในเซลล์จะหายไปก่อน หลังจากนั้นน้ำใน cytoplasm ซึ่งจะเริ่มหายไป และ cytoplasm จะเกิดการหดตัว

(3) วัสดุเนื้อเดียว (homogeneous)

โมเลกุลน้ำในวัสดุเนื้อเดียว เช่น สารละลายไฮโพลีเมอร์ สบู่ ฯลฯ โดยทั่วไปจะละลาย หรือเกิด affinity กับองค์ประกอบของแข็ง ขณะที่น้ำมีความเข้มข้นสูง จะมีความดันไอเกือบเท่ากับน้ำอิสระ แต่เมื่อน้ำมีความเข้มข้นลดลง ความดันไอจะลดลงอย่างรวดเร็ว และปริมาตรของวัสดุจะหดตัวจนมีค่าเท่ากับปริมาตรเมื่อไม่มีน้ำ

อัตราเร็วในการอบ (drying rate)

(1) อัตราเร็วในการอบคงที่

ในช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ ปริมาณความร้อนที่ได้รับทั้งหมดจะถูกใช้ไปในการระเหยความชื้น เกิดเป็นสภาพสมดุลจลน์ขึ้น โดยวัสดุจะมีอุณหภูมิคงที่ที่ T_m และอัตราเร็วในการอบจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขภายนอกเป็นส่วนใหญ่ คืออุณหภูมิ T และความชื้น H ของลมร้อน อัตราเร็วในการอบคงที่ RA จะสามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

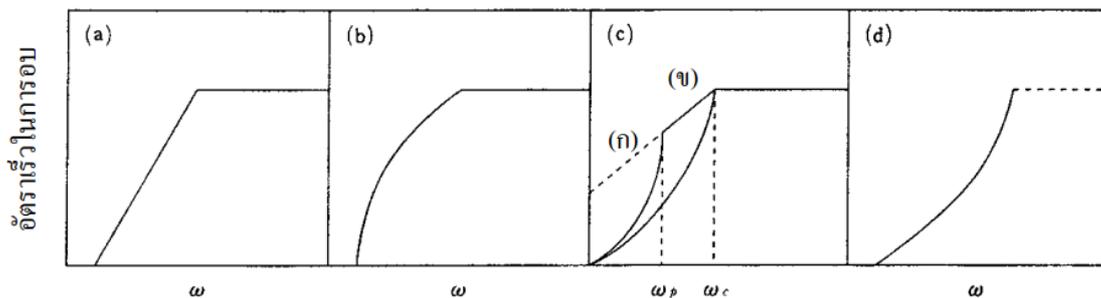
$$R_A = -\frac{W}{A} \frac{d\omega}{d\theta} = k_H (H_m - H) \cong \frac{\alpha}{\lambda} (T - T_m)$$

ในที่นี้สัญลักษณ์ θ แทนเวลา [s] สัญลักษณ์ α แทนสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน [W/(m²·K)] สัญลักษณ์ k_H แทน mass transfer coefficient [kg/(s·m²·(kg-น้ำ/kg-อากาศแห้ง))] สัญลักษณ์ λ แทนความร้อนแฝงของการระเหย [J/kg-น้ำ] กรณีที่ได้รับความร้อนจากลมร้อนเท่านั้น T_m จะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียก T_w ของลมร้อน

$$R_A = \frac{\alpha (T - T_w)}{\lambda}$$

(2) อัตราเร็วในการอบด้วยอัตราเร็วลดลง

อัตราเร็วในการอบวัตถุเปียกของแข็ง จะขึ้นอยู่กับสมบัติของวัตถุดิบและเงื่อนไขการอบ แต่รูปร่างของเส้นกราฟคุณลักษณะการอบในช่วงอัตราเร็วลดลงนี้จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขภายใน ได้แก่ ลักษณะของวัตถุดิบ สมบัติของความชื้นภายในวัตถุที่มีอยู่ ฯลฯ มากกว่าเงื่อนไขการอบภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วของลมร้อน ฯลฯ เมื่อทำการวัดเส้นกราฟอัตราเร็วในช่วงอัตราเร็วลดลงของวัสดุต่างๆ จะแบ่งได้เป็น 4 ประเภทดังรูป 2



รูปที่ 2.48 เส้นกราฟอัตราเร็วในการอบในช่วงอัตราเร็วลดลง

ในจำนวนประเภทต่าง ๆ ข้างต้น รูป (a) จะพบได้ในกรณีที่อนุภาคของวัตถุดิบมีน้ำอยู่ในรูปที่ค่อนข้างเป็นอิสระ กล่าวคือการอบหยดของเหลว เชื้อบาง อนุภาคขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 5 mm เป็นต้น รูป (b) พบได้ในอนุภาคขนาดจิวที่มีสมบัติ non-hydrophilic หรือวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใยสั้นๆ เป็นต้น ทั้งรูป (a) และ (b) เป็นวัสดุที่น้ำจะเคลื่อนที่สู่ผิวหน้าด้วยแรง capillary ช่วงอัตราเร็วลดลงขั้นที่ 1 รูป (d) โดยมากจะพบในการอบสารเนื้อเดียว เช่น สบู่ กาว เจลาติน ฯลฯ ซึ่งไม่มีช่วงอบด้วยอัตราคงที่ โดยอัตราความชื้นที่ผิวจะลดลงอย่างรวดเร็วจนเท่ากับอัตราความชื้นสมดุลกับลมร้อน หลังจากนั้น การแพร่ของน้ำภายในวัตถุดิบจะมีอิทธิพลเด่นชัดที่สุด การอบรูป (c) วัตถุดิบมีสมบัติระหว่าง (a), (b) กับ (d) โดยช่วงอัตราการอบแห้งลดลง จะมี 2 ช่วง คือหลังจากเกิดช่วงอัตราเร็วลดลงขั้นที่ 1 แล้วจะเข้าสู่ช่วงอัตราเร็วลดลงขั้นที่ 2 โดยกรณี (ก) จะพบในวัสดุที่มี osmotic water เช่น ดินเหนียว และกรณี (ข) เป็นรูปที่ทั่วไปที่สุด พบได้ในวัสดุหล่อ ขึ้นตะกอน เป็นต้น

ระยะเวลาที่ต้องใช้ในการอบโดยคร่าวๆ สำหรับรูป (a), (b) จะแปรผันตามความหนาของวัสดุ ขณะที่รูป (d) จะแปรผันตามความหนาของวัตถุดิบกำลังสอง ส่วนรูป (c) จะอยู่ระหว่างทั้งสองแบบข้างต้น

ประเภทของเครื่องอบกับการเลือกใช้

(1) ขั้นตอนการเลือก

ลักษณะของวัตถุดิบที่จะนำมาอบจะมีความหลากหลาย ในการเลือกตู้อบจะยึดตามลักษณะความชื้นของวัตถุดิบเป็นหลัก หลังจากนั้นจึงพิจารณาถึงปริมาณการผลิต รูปแบบของกระบวนการ (ต่อเนื่องหรือ batch) รวมทั้งคุณลักษณะของกระบวนการและคุณลักษณะของตู้อบ เพื่อกำหนดเงื่อนไขการเดินเครื่อง พิจารณานาขนาดกำลังการผลิตของตู้อบ เลือกอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ รวมทั้งเครื่องป้อน-ถ่ายวัตถุดิบออกจากตู้อบ แล้วคำนวณค่าเครื่องจักรและค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่อง เมื่อออกแบบพื้นฐานได้เป็นรูปธรรมแล้ว ยังต้องทำการทดสอบอบภายใต้เงื่อนไขที่ใกล้เคียงที่สุดกับเงื่อนไขการอบที่คาดการณ์เอาไว้อีกด้วย ในการทดสอบจะทำการตรวจสอบคุณลักษณะการอบ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ พฤติกรรมของวัตถุดิบภายในเครื่องอบ ฯลฯ ผลจากการทดสอบ อาจทำให้ต้องย้อนกลับไปพิจารณาเลือกชนิดของตู้อบใหม่เลยก็ได้ การทดสอบจะเป็นสิ่งที่สำคัญมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่ไม่สามารถคาดการณ์เกี่ยวกับคุณลักษณะของวัตถุดิบได้

(2) การแบ่งประเภท

ตารางที่ 2 จะแบ่งประเภทตู้อบเอาไว้ตามวิธีการรับความร้อนและสภาพของวัตถุดิบภายในตู้อบ ในจำนวนตู้อบประเภทต่างๆ จะมีสมบัติที่สำคัญดังต่อไปนี้

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

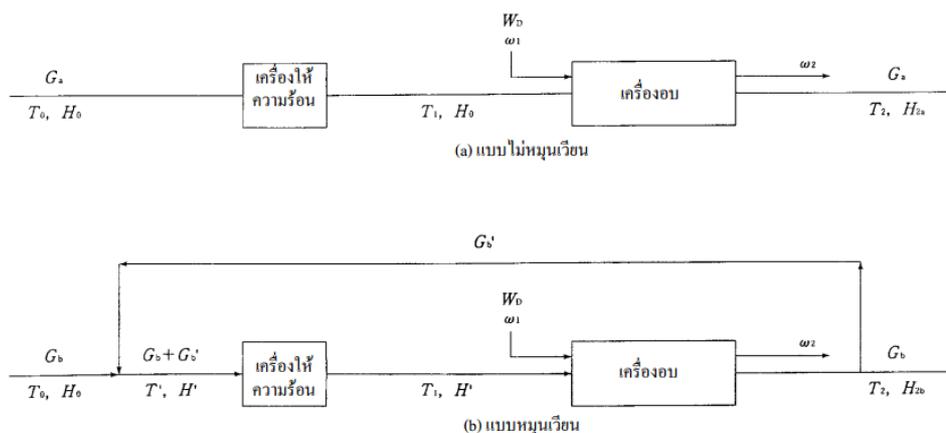
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

| | สภาพของ วัตถุดิบ | เครื่องอบ | การเดินเครื่อง | กระแส ของลมร้อน | กำลังผลิต | วัตถุดิบที่เหมาะสม | |
|------------------------------|---------------------|---|---------------------|-------------------------|---------------|--------------------|---------|
| | | | | | | ดีมาก | ดี |
| รับความร้อนด้วยลมร้อน | ปลิวไปกับ ลมร้อน | flash dryer | ต่อเนื่อง | กระเจิง | สูง | 2, 3 | |
| | | spray dryer | ต่อเนื่อง | กระเจิง | สูง | 1, 2 | |
| | กวน | drying tumbler, through-flow drying tumbler | ต่อเนื่อง | ขนาน ไหลผ่าน กระเจิง | สูง | 3, 4, 5 | |
| | | bezel stirring dryer | ต่อเนื่อง | ไหลผ่าน (ขนาน) | สูง | 3 | |
| | | fluidized bed dryer | batch หรือต่อเนื่อง | กระเจิง | สูง | 3 | |
| | | multistage disk dryer | ต่อเนื่อง | ขนาน | สูง | | 3 |
| | วางนิ่ง | tray dryer | batch | ขนาน | ต่ำ | 7 | 2, 4 |
| | | | | ไหลผ่าน | | 2, 5, 6 | 3, 4, 7 |
| | เคลื่อนที่ | tunnel dryer | ต่อเนื่อง | ขนาน | สูง | 2, 7, 8 | 4, 5, 9 |
| | | nozzle jet dryer | ต่อเนื่อง | กระแสนก้น | สูง | 8, 9 | |
| band dryer | | ต่อเนื่อง | ไหลผ่าน | สูง | 2, 5, 6 | 3, 4, 7 | |
| turbo dryer | | ต่อเนื่อง | ไหลผ่าน | สูง | 3 | | |
| vertical dryer | | ต่อเนื่อง | ไหลผ่าน | สูง | 3, 4 | | |
| รับความร้อนด้วยการนำความร้อน | กวน | bezel, disk stirring dryer (ความดันปกติ สูญญากาศ) | batch หรือต่อเนื่อง | | ต่ำ | 2, 3 | |
| | | steam heated tube bundle drying tumbler | ต่อเนื่อง | | สูง | 3, 4, 5 | |
| | วางนิ่ง | vacuum, freeze tray dryer | batch | | ต่ำ | 10 | 2, 3 |
| | เคลื่อนที่ | drum dryer | ต่อเนื่อง | | ต่ำ | 1, 2 | |
| multi-disk dryer | | ต่อเนื่อง | | สูง | 8 | | |
| อื่นๆ | เครื่องอบอินฟราเรด | | batch หรือต่อเนื่อง | | ทั้งต่ำและสูง | 9 | 8 |
| | เครื่องอบไมโครเวฟ | | batch หรือต่อเนื่อง | | ทั้งต่ำและสูง | | 7 |

(หมายเหตุ) ประเภทของวัตถุดิบ 1. วัตถุดิบที่เป็นของเหลวหรือ Slurry 2. วัตถุดิบที่เป็นครีม 3. วัตถุดิบที่เป็นผง 4. วัตถุดิบที่เป็นก้อน
5. วัตถุดิบที่เป็นเกล็ด 6. วัตถุดิบที่เป็นเส้นใยสั้นๆ 7. วัตถุดิบห่อ 8. วัตถุดิบที่เป็นแผ่นบางต่อเนื่อง 9. กิวที่ทำเคลือบไว้ 10. วัตถุดิบแช่แข็ง

สมมูลความร้อนของเครื่องอบแบบเคลื่อนที่

(1) วิธีรับความร้อนด้วยลมร้อน ต่อไปนี้จะใช้เครื่องอบด้วยลมร้อนแบบมีการเปลี่ยนแปลงความดัน (diabatic) ดังรูป 14 (a) โดยจะคำนวณสมมูลความร้อนระหว่างวัตถุดิบกับลมร้อน ในการอบนั้นความชื้นจะดูดความร้อนแฝงเพื่อระเหยเป็นไอ จึงต้องคำนึงถึงสมมูลของความชื้นด้วย



รูปที่ 2.49 การอบด้วยลมร้อน 2 วิธี

ถ้าให้ปริมาณลมร้อนที่เป่าเข้าไปในเครื่องอบเท่ากับ G_a [kg-อากาศแห้ง/s] ให้ความชื้นของลมร้อนเท่ากับ H_0 ให้ความชื้นของอากาศชื้นที่ระบายออกเท่ากับ H_{2a} แล้ว ปริมาณน้ำที่ระเหยจากวัตถุดิบ = $W_D (\omega_1 - \omega_2)$

$$G_a (H_{2a} - H_0) = W_D (\omega_1 - \omega_2)$$

ในที่นี้ สัญลักษณ์ W_D แทนความเร็วในการป้อนวัตถุดิบ โดยไม่คิดน้ำหนักความชื้น [kg/s] สัญลักษณ์ ω_1, ω_2 แทนความชื้นในวัตถุดิบที่คิดแบบ dry basis ก่อนและหลังการอบวัตถุดิบ

ต่อไปจะมาพิจารณาสมดุลความร้อน โดยปริมาณความร้อน q [W] ที่ถูกใช้ไปในเครื่องอบ จะเท่ากับผลบวกระหว่างปริมาณความร้อน q_E ที่ต้องใช้ในการระเหยความชื้น กับความร้อนสัมผัส q_H ที่ให้แก่วัตถุดิบเพื่อให้มีอัตราความชื้นตามที่ต้องการ และความร้อนสูญเสีย q_L ดังนั้น ถ้าให้ความร้อนจำเพาะ (humid heat) ของลมร้อนเท่ากับ c_H แล้ว จะทำดุลความร้อนในเครื่องอบ ได้ดังนี้

$$q = q_E + q_H + q_L = G_a (h_1 - h_2) \cong G_a c_H (T_1 - T_2)$$

ส่วนปริมาณความร้อน q_T [W] ที่ได้รับจากเครื่องให้ความร้อนจะเท่ากับสมการข้างล่าง

$$q_T = G_a (h_1 - h_0) \cong G_a c_H (T_1 - T_0)$$

ประสิทธิภาพความร้อน η ของเครื่องอบจะเท่ากับผลบวกระหว่างปริมาณความร้อน q_E ที่ต้องใช้ในการระเหยความชื้นกับความร้อนสัมผัส q_H ที่ให้แก่วัตถุดิบเพื่อให้มีอัตราความชื้นตามที่ต้องการหารด้วยปริมาณความร้อน q_T ที่ต้องใช้ในการอบ

$$\eta = \frac{q_E + q_H}{q_T}$$

เมื่อพิจารณากรณีที่ไม่มีความร้อนสูญเสีย q_L จะได้ว่า

$$\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_0}$$

ตัวอย่างของเครื่องอบแบบนี้ได้แก่ drying tumbler, flash dryer, spray dryer ฯลฯ ซึ่งสามารถใช้ลมร้อนอุณหภูมิสูงได้

โดยทั่วไป ในเครื่องอบแบบอุโมงค์และแบบสายพานลำเลียง ซึ่งใช้ลมร้อนมีอุณหภูมิต่ำแต่มีปริมาณมาก จึงมักจะนำไอร้อนขึ้นที่ระบายออกส่วนหนึ่งมาผสมกับอากาศภายนอกเพื่อนำความร้อนกลับมาใช้และเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนด้วยวิธีการหมุนเวียนเช่นนี้ จากสมมูลในการทำงานเดียวกัน จะได้ว่า

$$q = (G_b + G'_b) c_H (T_1 - T_2)$$

$$q_T = (G_b + G'_b) c_H (T_1 - T')$$

ดังนั้น ในกรณีที่ไม่มีความร้อนสูญเสีย ประสิทธิภาพความร้อนจะเท่ากับสมการต่อไปนี้

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T'}$$

เมื่อเปรียบเทียบเครื่องอบแบบหมุนเวียนลมร้อนกับแบบไม่หมุนเวียน โดยให้อุณหภูมิและปริมาณของลมร้อนที่เข้าออกเครื่องอบมีค่าเท่ากันแล้ว จากสมมูลที่จุดผสม หาก $T_2 > T_0$ แล้ว จะพบว่า $T > T_0$ ดังนั้น เครื่องอบแบบหมุนเวียนจึงมีประสิทธิภาพความร้อนสูงกว่า อย่างไรก็ตาม เราไม่สามารถกล่าวได้เสมอไปว่าเครื่องอบแบบหมุนเวียนจะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่า เนื่องจากความชื้นระหว่างการอบในเครื่องอบแบบหมุนเวียนจะมีค่าสูงกว่าอากาศภายนอก ดังนั้น หากเพิ่มสัดส่วนของไอร้อนที่นำไปผสมกับอากาศภายนอกแล้ว ความชื้นจะเพิ่มสูงขึ้น ทำให้อัตราเร็วในการอบมีค่าต่ำลงและต้นทุนเครื่องจักรจะสูงขึ้น ดังนั้น จึงต้องหาค่าสัดส่วนที่จะนำไปหมุนเวียนที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายรวม

(2) วิธีรับความร้อนด้วยการนำความร้อน

วิธีรับความร้อนด้วยการนำความร้อน โดยทั่วไปจะถ่ายเทความร้อนทางอ้อมจากแหล่งความร้อนผ่านผนังโลหะให้แก่วัตถุที่จะอบ จะใช้ลมร้อนเพื่อการลำเลียงไอรอบที่เกิดขึ้นเท่านั้น จึงมีความร้อนสูญเสียน้อยและมีประสิทธิภาพความร้อนสูง วิธีรับความร้อนด้วยลมร้อนจะมีประสิทธิภาพความร้อน 30-60% แต่วิธีรับความร้อนด้วยการนำความร้อนจะมีประสิทธิภาพความร้อนสูงถึง 70-90% และยิ่งวัตถุมีอัตราความชื้นสูงเท่าใด ประสิทธิภาพความร้อนจะสูงขึ้นเท่านั้น การคำนวณขนาดของเครื่องอบโดยเบื้องต้น

เมื่อหาค่าปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการอบได้แล้วยิ่งเครื่องอบมีปริมาตรเล็กเท่าใด ก็แสดงว่าสมรรถนะในการอบยิ่งสูงเท่านั้น กล่าวอีกนัยหนึ่งคือเครื่องอบที่มีปริมาตรเท่ากัน เครื่องอบที่อบวัตถุแห้งเร็วกว่าจะมีสมรรถนะสูงกว่า

ในเครื่องอบที่รับความร้อนด้วยลมร้อน ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเท q [W] จะเท่ากับ

$$\text{เดินเครื่องแบบ Batch } q = \alpha a V (T - T_m)_{lm}$$

$$\text{เดินเครื่องต่อเนื่อง } q = \alpha a V (T_k - T_m)_{lm}$$

ส่วนเครื่องอบแบบรับความร้อนด้วยการนำความร้อนทั้งแบบ batch และต่อเนื่อง

$$q = UA (T_k - T_m)_{lm}$$

โดยสัญลักษณ์ V แทนปริมาตรของเครื่องอบ [m³] สัญลักษณ์ T แทนอุณหภูมิของลมร้อน [K] สัญลักษณ์ T_m แทนอุณหภูมิของวัตถุดิบ [K] สัญลักษณ์ $(T - T_m)_{lm}$ แทนค่าเฉลี่ยล็อกการิทึมของผลต่างอุณหภูมิระหว่างลมร้อนกับวัตถุดิบที่ทางเข้าและทางออกเครื่องอบ สัญลักษณ์ α_a แทนสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่อปริมาตร [W/(m³·K)] สัญลักษณ์ U แทนสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม [W/(m²·พื้นที่ให้ความร้อนที่สัมผัสกับวัตถุดิบ·K)] สัญลักษณ์ A แทนพื้นที่ให้ความร้อนที่สัมผัสกับวัตถุดิบ [m²] สัญลักษณ์ T_k แทนอุณหภูมิของแหล่งความร้อน [K]

การลดค่า V หรือ A ที่จำเป็นในการให้ความร้อนที่กำหนดทำได้ดังต่อไปนี้

- (1) เพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่อปริมาตร α_a [W/(m³·K)]
- (2) เพิ่มผลต่างอุณหภูมิระหว่างลมร้อนกับวัตถุดิบหรือระหว่างแหล่งให้ความร้อนกับวัตถุดิบ โดยคำนึงถึงอุณหภูมิที่วัตถุดิบรับได้ด้วย
- (3) สำหรับวัตถุดิบที่มีลักษณะเป็นผง ทำการกวนหรือเป่าให้ฟุ้งกระจายในลมร้อนให้ดีขึ้น เป็นต้น

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่อปริมาตร α_a จะขึ้นอยู่กับวิธีการสัมผัสระหว่างวัตถุดิบกับลมร้อนและกับประเภทของเครื่องอบ ตัวอย่างเช่น กรณีของตู้อบแบบถาด ที่เป็นชนิดให้อากาศไหลทางเดียวกับวัตถุดิบ จะมีค่า 200-350 W/(m³·K) แต่ตู้อบแบบสายพานลำเลียงที่มีอากาศร้อนพัดตั้งฉากกับการไหลของวัตถุดิบจะมีค่าสูงกว่า คือประมาณ 800-2300 W/(m³·K)

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทำโครงการ

การออกแบบต้นแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกขนาดเล็กโดย SolidWorks



รูปที่ 3.1 แบบต้นแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกขนาดเล็ก

การออกแบบต้นแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกขนาดเล็กนั้น เราจะทำตัวถังเป็นทรงสี่เหลี่ยมด้านล่างลงมาจะเป็นทวน สำหรับลำเลียงข้าวออกไปหาสกรูสำหรับเลื่อนข้าวให้ข้าวไปรับความร้อนจากฮีตเตอร์ ความร้อนนี้จะทำให้ความชื้นออกจากตัวข้าวเปลือก ด้วยอุณหภูมิของฮีตเตอร์ที่ใช้อยู่ที่ 40-60 องศาเซลเซียส หลังจากที่รับความร้อนแล้วสกรูจะลำเลียงข้าวมาทางปล่องที่มีลมออกจาก blower เป่าอยู่เพื่อให้ลมเป็นพาหะในการไล่ความชื้นออกจากตัวข้าว โคนเป่าข้างให้ลอยไปตามปล่องเพื่อให้ข้าวตกลงมาให้งัดเพื่อให้ความร้อนใหม่ไปเรื่อยๆจนได้ อุณหภูมิที่ต้องการถึงให้เครื่องยุติการทำงาน

อุปกรณ์หลัก

ตารางที่ 3.1 รายการอุปกรณ์หลัก

| อุปกรณ์ | จำนวน |
|---|-----------|
| 1.Arduino Uno r3 | 1 บอร์ด |
| 2.Switching Power Supply 12V | 1 อัน |
| 3.Heater | 1 ชุด |
| 4.Blower | 1 อัน |
| 5.มอเตอร์ขับเคลื่อน | 1 อัน |
| 6.Invertor | 1 เครื่อง |
| 7. 20x4 LCD+I2C Interface with backlight | 1 อัน |
| 8. โมดูลสวิทช์กดติดปลั๊ก 4 ปุ่ม 4 สี สำหรับ Arduino | 1 ชุด |
| 9.สวิทช์ Off-On Power | 1 ตัว |

| | |
|---|--------|
| 10.สวิตซ์ Off on Power Supply | 1 ตัว |
| 11. DHT22 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ+ความชื้น | 2 ตัว |
| 12.แผ่นเหล็กขนาด 1.5 mm. | 1 แผ่น |
| 13.เหล็กกลมขนาด 3 cm. ยาว 70 cm. | 1 ท่อน |
| 14.เหล็กกลมกลวงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3” ยาว 2 m. | 1 เส้น |
| 15.ลูกปืน | 1 ตัว |
| 16.solid state | 1 ตัว |
| 17. Bush ทองเหลือง | 1 ตัว |
| 19.Thermostat | 1 ชุด |
| 20.ตัวต้านทานปรับค่าได้ 10K | 1 ตัว |

ตารางที่ 3.1 รายการอุปกรณ์หลัก

ขั้นตอนการทำงาน

- 1.วิเคราะห์โครงสร้างเพื่อนำไปใช้ในการสร้าง ส่วนของโครงสร้างและการทดสอบถูกออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solid Work
- 2.ทำการประกอบ “ต้นแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกขนาดเล็ก”



รูปที่ 3.2 เครื่องต้นแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกขนาดเล็ก

ส่วนของถังใส่ข้าวและขาตั้ง ได้ถูกออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solid Work ตัวถังจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสในช่วงบนและจะถูกบีบช่วงล่างให้เป็นกรวย โดยส่วนที่เป็นถังทั้งหมดจะใช้เหล็กแผ่น ขนาด 1 mm

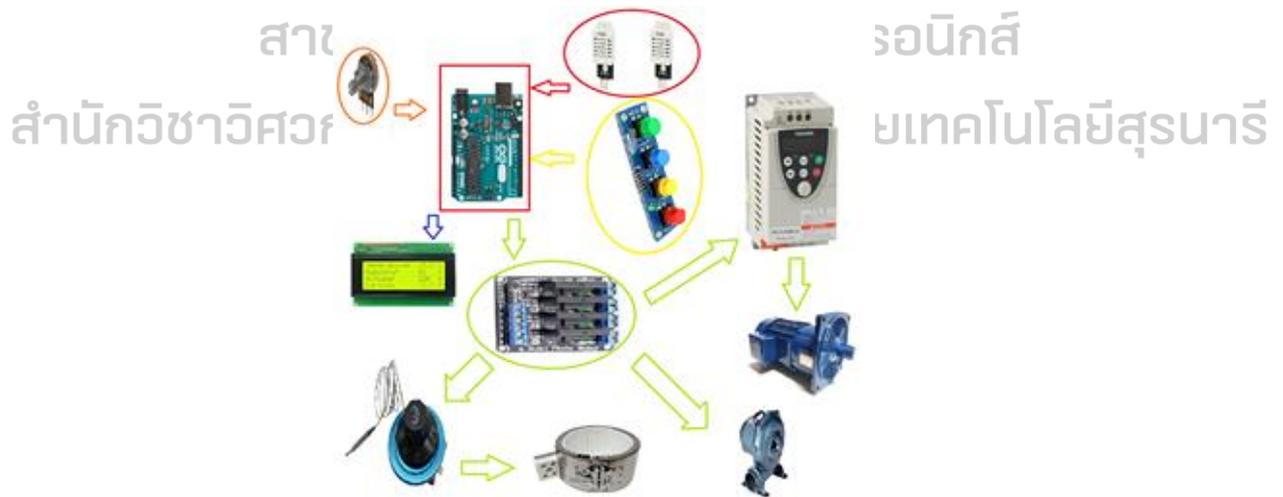
มาพับให้ได้ 4 ด้านเท่ากัน แล้วจึงเชื่อมติดกัน ส่วนขาตั้งจะใช้เหล็กฉากขนาด 400mm ยาว 400mm เป็นฐาน เชื่อมติดกับถังทั้ง 4 มุมเพื่อเป็นขาตั้ง

ส่วนของสกรูลำเลียงข้าว จะใช้ท่อเหล็กกลวงเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3 นิ้ว เชื่อมติดกับถังใส่ข้าว การลำเลียงข้าวจะใช้สกรูในการหมุนเมื่อข้าวหล่นลงมาในท่อลำเลียง แขนกกลางมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3 นิ้ว เชื่อมติดกับแผ่นเหล็กขนาดเพื่อให้มีลักษณะคล้ายสกรูเกลียว แทนเหล็กเชื่อมต่อกับมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับลำเลียงข้าว ในขณะที่ลำเลียงข้าวโดยใช้สกรู

ส่วนที่เป็น Blower จะมี Heater จ่ายความร้อนขาเข้า ที่ Blower อุณหภูมิที่ใช้อยู่ที่ 40-60 องศาเซลเซียส เป็นส่วนที่จะไล่ความชื้นออกจากข้าวโดยข้าวจะถูกลำเลียงจาก สกรูส่งต่อมาที่ท่อที่มี Blower เชื่อมต่ออยู่ โดยข้าวจะส่งมาที่ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3 นิ้ว ซึ่งตั้งฉากกับท่อสกรู และช่วงด้านล่างของท่อ Blower จะติด Blower อยู่ ส่วนด้านบนจะมีลักษณะเป็นตัว L เพื่อให้ข้าวถูกเป่าลงถังอีกครั้ง เมื่อข้าวออกมาจากสกรูจะโดน Blower เป่าเพื่อไล่ความชื้นออกจากข้าวและส่งข้าวกลับเข้าถังอีกครั้ง

ส่วนที่เป็นตัวควบคุม จะใช้ Arduino Uno R3 ในการควบคุมจะใช้ Sensor วัดความชื้นเปรียบเทียบกันระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายใน เมื่ออุณหภูมิของ Heater สูงเกินที่ตั้งไว้เครื่องจะหยุดการทำงานทั้งหมด หรืออุณหภูมิที่เปรียบเทียบได้ตามที่เซตไว้เครื่องจะร้องเตือนและหยุดการทำงาน เครื่องสามารถทำงานได้ทั้งแบบ Manual และแบบ Auto

ความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้า

หลักการทํางาน

เมื่อเสียบปลั๊ก ให้ ON Switch Power จากนั้นจึง ON Switch Arduino จอ LCD จะติด เครื่องทั้งหมดจะพร้อมทํางาน

- ปุ่มสีแดงจะหยุดการทํางานทั้งหมด
- ปุ่มสีเขียวจะสั่งให้มอเตอร์สกรูลําเลียงข้าวทํางาน
- ปุ่มสีนํ้าเงินจะสั่งให้ Blower ทํางาน
- ปุ่มสีเหลืองจะสั่งให้เครื่องทํางาน Auto ตามที่ตั้งไว้

เมื่อใส่ข้าวเข้าไปในถัง เมื่อกดปุ่มเขียวเครื่องจะเริ่มทํางาน โดยมอเตอร์ Blower และมอเตอร์สกรูจะทํางาน ข้าวที่ใส่จะถูกลําเลียงผ่านสกรูและได้รับความร้อนจาก Heater ที่อุณหภูมิ 40 – 60 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงส่งต่อไปให้ Blower เพื่อไล่ความชื้นออกจากข้าวแล้วส่งข้าวกลับเข้าถังใหม่ ทํางานลูบไปเรื่อยๆจนได้ความชื้นที่ต้องการเครื่องจึงจะหยุดทํางาน

การคำนวณความชื้นข้าว

$$\frac{\text{น้ำหนักข้าวทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักข้าวที่สุ่มครั้งแรก}} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวทั้งหมดที่ลดความชื้น}}{\text{น้ำหนักข้าวที่สุ่มจากรลดความชื้น}}$$

$$\text{ข้าวที่ผ่านการลดความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักข้าวทั้งหมด}) * (\text{น้ำหนักข้าวที่สุ่มครั้งแรก} - \% \text{ความชื้นข้าวเริ่มต้น})}{(\text{น้ำหนักข้าวที่สุ่มครั้งแรก} - \% \text{ความชื้นข้าวที่หายไป})}$$

เพราะฉะนั้น จะได้

$$\% \text{ความชื้นข้าวที่หายไป} = - \left(\frac{(\text{น้ำหนักข้าวทั้งหมด}) * (\text{น้ำหนักข้าวที่สุ่มครั้งแรก} - \% \text{ความชื้นข้าวเริ่มต้น})}{\text{ข้าวที่ผ่านการลดความชื้น}} \right) + \text{น้ำหนักข้าวที่สุ่มครั้งแรก}$$

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ผลการทดลอง

จากการทดลองหลังจากประกอบและสร้างเสร็จ ได้ทำการทดสอบโดยการลดความชื้นในข้าวด้วยการให้ความร้อน เพื่อให้ความชื้นออกจากข้าวแล้วใช้ลมเป็นพจนํ้าความชื้นออกไป เพื่อให้ได้ตามขอบเขตที่ต้องการนั้น เครื่องจะทำงานวนลูปไปเรื่อยๆจนได้ค่าที่ต้องการ

จากการทดลองทำการลดความชื้นในข้าว

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการวัดน้ำหนักข้าว

| ชม.ที่ทดลองซึ่ง | น้ำหนักที่ซึ่งได้ | คิดเป็น % เมื่อเทียบกับก่อนทดลอง |
|-----------------|-------------------|----------------------------------|
| 0 | 0.170 | 0.000% |
| 1 | 0.168 | 23.27% |
| 2 | 0.166 | 21.50% |
| 3 | 0.160 | 15.94% |
| 4 | 0.158 | 13.99% |
| 5 | 0.156 | 11.98% |
| 6 | 0.157 | 13.99% |
| 7 | 0.156 | 11.98% |
| 8 | 0.159 | 14.97% |
| 9 | 0.160 | 15.64% |
| 10 | 0.162 | 17.84% |
| 11 | 0.163 | 18.77% |
| 12 | 0.162 | 17.84% |

จากการทดลองเมื่อดูจากตารางที่นำข้าวมาทดลองวัดโดยการนำข้าวออกมาวัดทุกๆ 1 ชม. เป็นเวลา 12 ชม. จะพบว่าความชื้นที่ดีที่สุดอยู่ที่ ชม.ที่ 5 จะใช้เวลาที่น้อยแต่สามารถนำความชื้นออกได้ดีที่สุด

$$\frac{5000}{170} = \frac{X}{156}$$

$$X = 4588.24 \text{ g}$$

$$RH_f = - \left(\frac{5000 * (170 - 25\%)}{4588.24} \right) - 170$$

$$RH_f = 11.98 \%$$

วิจารณ์ผล

จากการทดลองพบว่า ขณะที่เครื่องทำงานอยู่ด้วยดีไซส์ทำให้ข้าวบริเวณขอบด้านข้างของถังไม่ได้ลงไปในชุดลำเลียงข้าว เมื่อข้าวถูกส่งออกจากปล่องมาแล้วจะตรงกลางทำให้ข้าวด้านข้างไม่ลงไปทำให้ข้าวบางส่วนไม่ได้รับความการลดความชื้น ต้องทำให้ถังมีลักษณะเป็นกรวยเพื่อให้ข้าวด้านข้างลงไปได้

ปรับเปลี่ยนชุดลำเลียงข้าวไปหา Blower จากสกรูลำเลียงข้าวเป็นระบบสายพาน เพราะสกรูลำเลียงข้าวตอนหมุนจะทำให้บดข้าวจากข้าวเปลือกไปเป็นเมล็ดข้าวสารที่ไม่มีเปลือก ถ้าเปลี่ยนจากสกรูลำเลียงข้าวเป็นสายพานลำเลียง จะทำให้ข้าวไม่โดนบดเป็นข้าวสาร

เรื่องการวัดความชื้นในข้าวนั้นเนื่องจากเราไม่มีเครื่องที่สามารถวัดความชื้นได้โดยตรง จึงต้องใช้วิธีคำนวณหลังจากวัดน้ำหนัก และจากการที่จับความชื้น โดย DHT22 แล้วนำมาวัดน้ำหนักกลับไม่ได้ความชื้นตามที่ต้องการ จึงทำให้ยังไม่สามารถรู้ได้แน่นอนว่า ได้ความชื้นตามที่ต้องการ

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทำโครงการ

จากที่เราได้เห็นชวานาหรือชาวเกษตรที่ทำนานั้น ได้เก็บเกี่ยวผลผลิตตัวเองแล้วต้องนำมาตาก หรือทำให้แห้ง ด้วยกรรมวิธีต่างๆ เพื่อให้ข้าวมีความชื้นน้อยที่สุด จึงเป็นเหตุผลในทางทฤษฎีว่าจะทดลองทำต้นแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกขนาดเล็กนี้ขึ้นมา เพื่อช่วยให้ชวานาหรือชาวเกษตรที่ทำนาได้มีเครื่องลดความชื้นในข้าว โดยไม่ต้องนำข้าวไปตากตามสถานที่ต่างๆ ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ สัตว์ต่างๆ ที่จะมากิน หรือฝนตกใส่ และยังได้ข้าวที่มีความชื้นที่ต้องการด้วย ถ้าความชื้นที่ได้นั้นมีความชื้นน้อยข้าวก็จะมีราคาดีขึ้นอีกด้วย จากการทดลองนั้นความชื้นข้าวอยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้ เนื่องจากเครื่องนี้เป็นเครื่องต้นแบบ จึงทำได้ที่เราคาดการณ์ไว้ แต่ข้าวที่ได้บางส่วนก็โดยมอเตอร์บดจนเมล็ดข้าวออกจากเปลือกมา

ผลที่ได้จากการคำนวณและการทดลอง

จากการคำนวณความชื้นจากบทที่ 3 พบว่าเมื่อนำข้าวที่จับโดยตัววัดความชื้น DHT22 ออกมาชั่งน้ำหนักแล้วพบว่า ความชื้นยังลดลงไม่ถึงจุดที่ต้องการ แต่จากการทดลองจริงนั้น ในช่วงโม่งที่ 5 เมื่อนำข้าวมาชั่งน้ำหนักและคำนวณออกมาพบว่าข้าวเริ่มแห้งที่สุดเท่าที่ทำได้ของเครื่องลดความชื้นแล้วหลังจากนั้นในช่วงโม่งหลังๆ ที่วัดได้ จะพบว่าข้าวมีน้ำหนักมากขึ้น ความเป็นไปได้คือ ข้าวโดนบดจนเป็นข้าวสารที่ออกจากรอบเปลือกแล้ว หรือความชื้นย้อนกลับสู่ข้าวคืน

ปัญหาที่พบเจอ

1. เนื่องจากสมาชิกในทีมทำงานประจำและเรียนด้วย จึงมีเวลาน้อย
2. เครื่องมือหรืออุปกรณ์บางอย่างไม่พร้อม
3. สกิลความสามารถของแต่ละบุคคลไม่เท่ากัน
4. การตั้งชื่ออุปกรณ์บางอย่างใช้เวลาสร้างและส่งนาน
5. เวลาการทดลองใช้เวลานาน
6. มีฝุ่นฟุ้งกระจายออกมาจากตัวเครื่อง
7. เมื่อเครื่องทำงานเสร็จแล้วการนำข้าวออกค่อนข้างลำบาก

ข้อเสนอแนะ

1. ควรวางแผนการทำงานและช่วงเวลาให้ดีกว่านี้
2. สิ่งของที่จำเป็นให้เร็วกว่าเดิม
3. ลดค่าใช้จ่ายให้น้อยกว่าเดิม
4. เปลี่ยนจากสกรูลำเลียงข้าวเป็นสายพานแทน
5. ใส่ฝาปิดและติดพัดลมดูดอากาศออกแทน

6. ทำช่องลำเลียงข้าวออกให้ดีกว่านี้



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

เว็บไซต์

- [1] องค์ความรู้ข้าว, สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการ Thailand (2004). Statistic Data, URL: <http://prangku.sisaket.doe.go.th>, access on 05/10/2019.
- [2] การลดความชื้น / การสีข้าว / การรักษาคุณภาพข้าวสาร (ข้าว) งานวิจัยครบวงจรศูนย์ฯ, ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว(2004). Statistic Data, URL: <http://www.phtnet.org/phtic-research/view-article.asp?aID=12>, access on 05/10/2019.

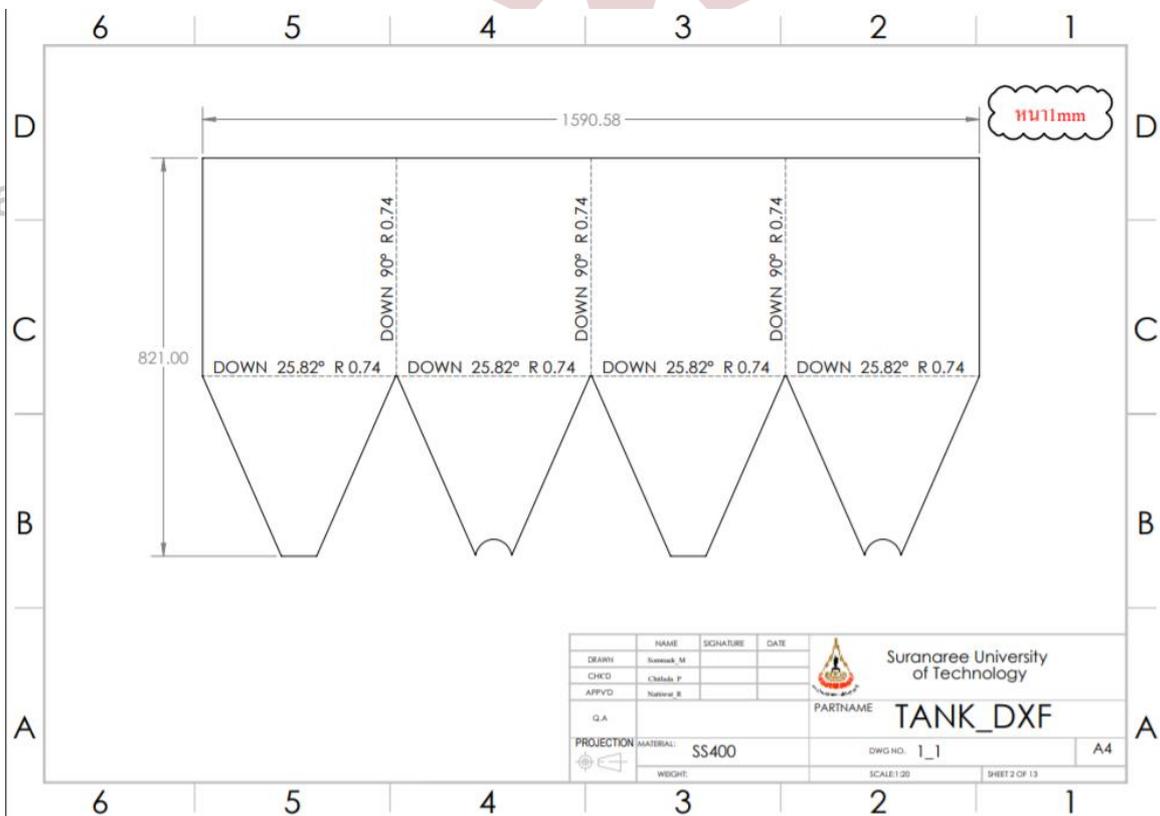
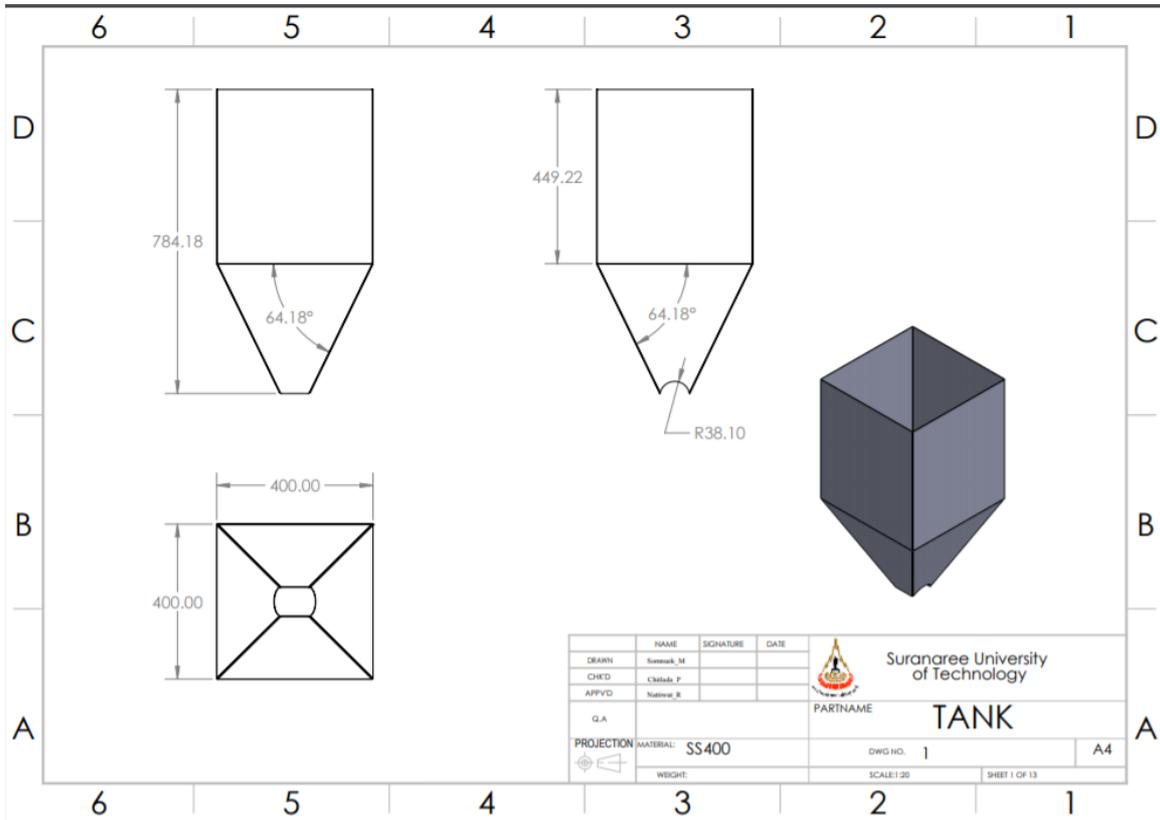
บทความจากเอกสารประกอบการประชุม (Proceedings)

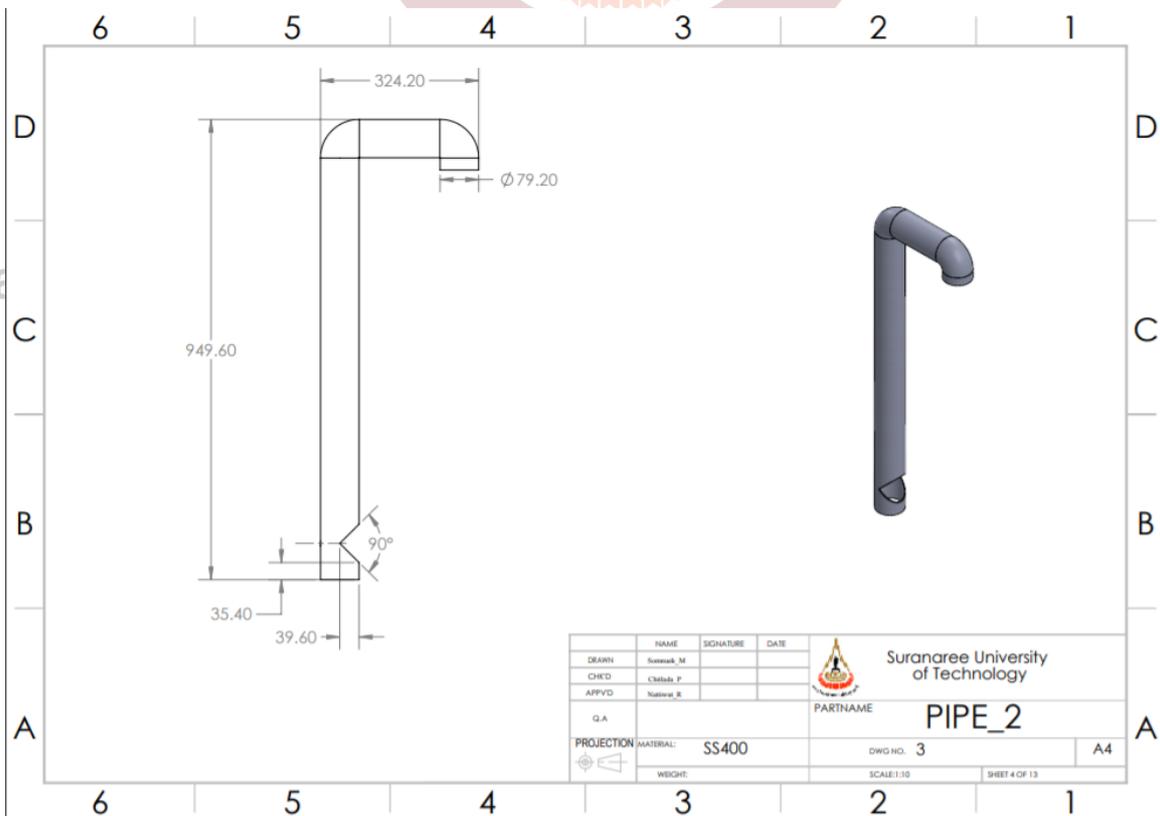
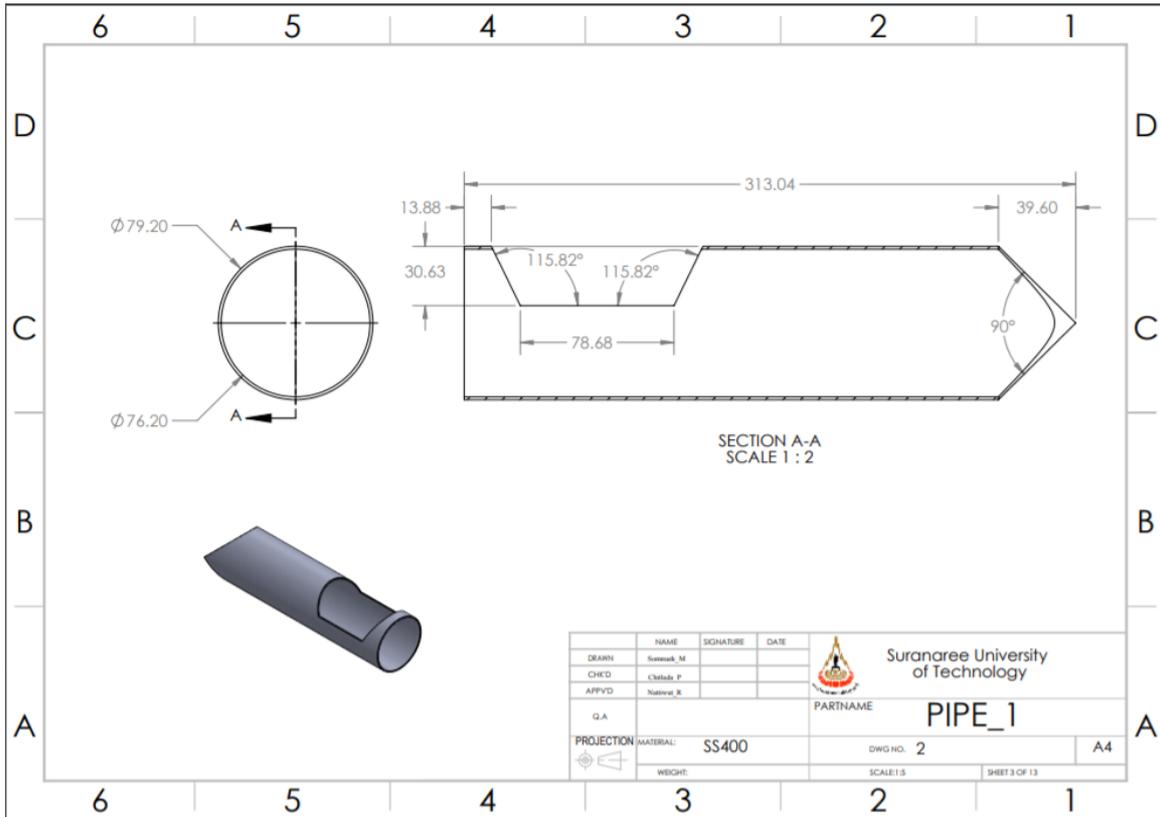
- [1] ปฏิวัติควมชิรกลู 1 *, สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา2, ธนิตสวัสดิ์เสวี 3, สมชาติโสภณธรรมฤทธิ์ (2560). การจำลองการอบแห้งข้าวเปลือกหนึ่งในเครื่องอบแห้งกระแสนด้วยวิธีพลศาสตร์ของไหล, การประชุมสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ
- [2] เนตรนภิส เขียวขำ (2559). การพัฒนาโรงงานต้นแบบอบแห้งข้าวเปลือกด้วยรังสีอินฟราเรด ร่วมกับการเทมเปอร์ริงและลมร้อนสำหรับโรงสีข้าวขนาดเล็ก และผลกระทบต่อคุณภาพของข้าวและการจัดการศัตรูพืชหลัง การเก็บเกี่ยว. การสัมมนาเสนอผลงานวิจัย กลุ่มเรื่องข้าวเพื่อ ความร่วมมือเชิงบูรณาการในการน าเสนอ ผลงานวิจัยไปสู่การใช้ประโยชน์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

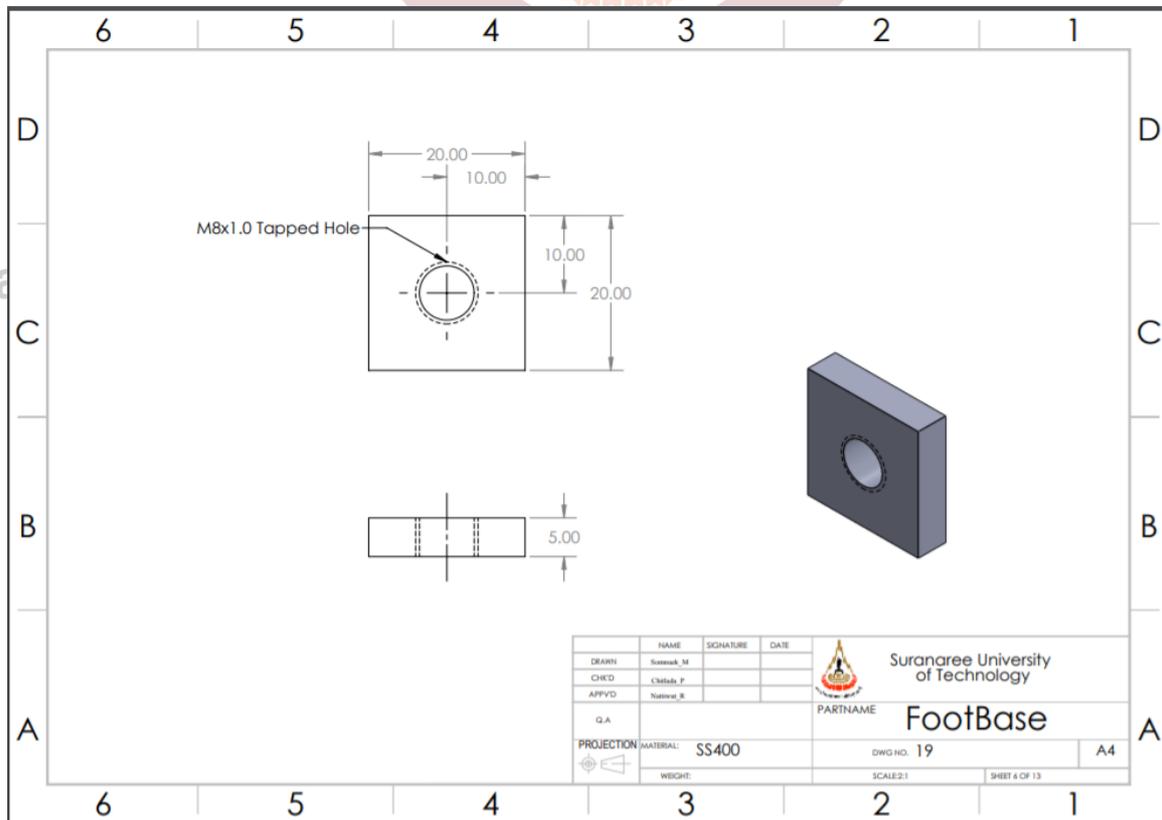
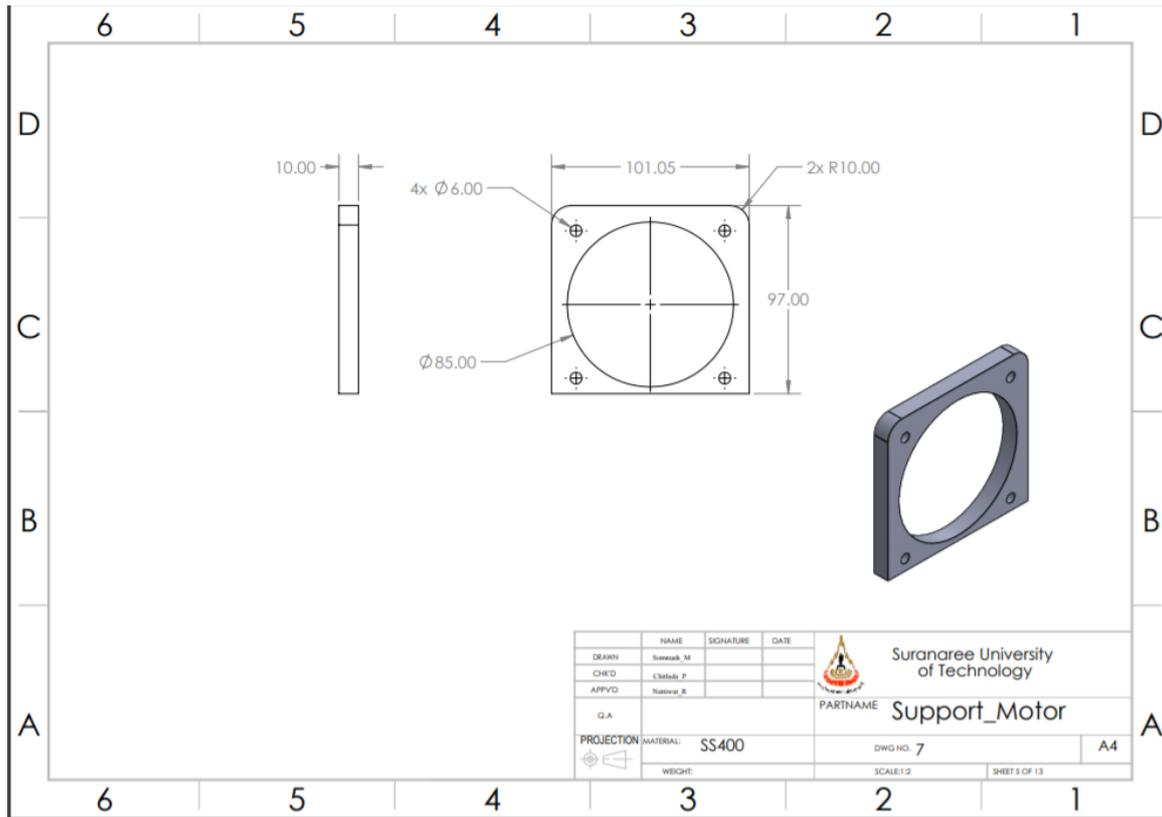
สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

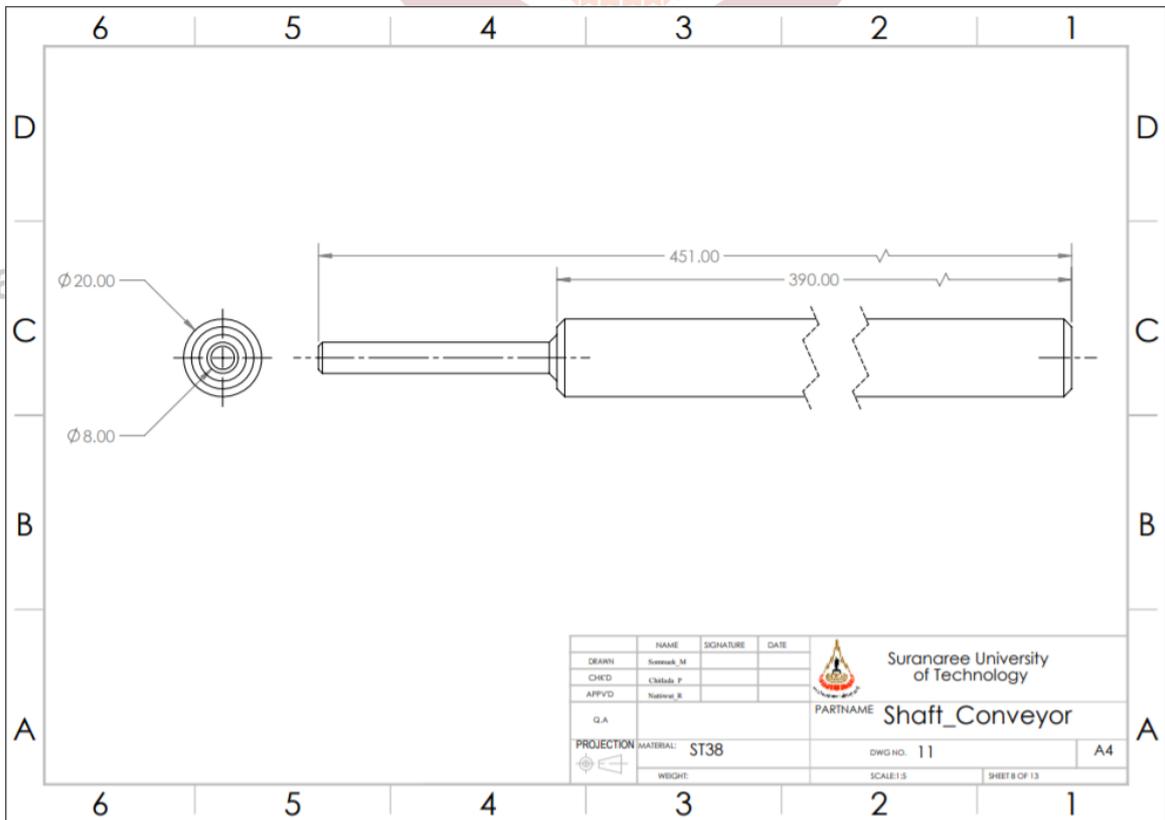
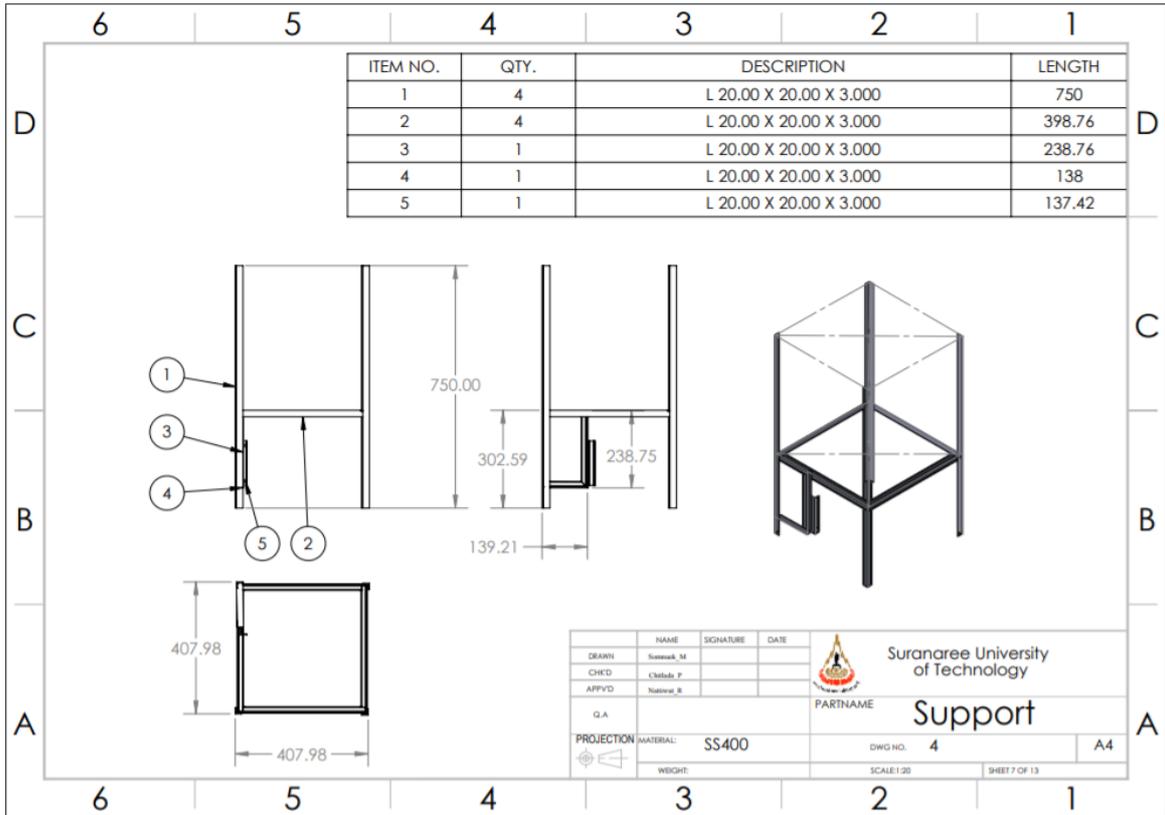
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

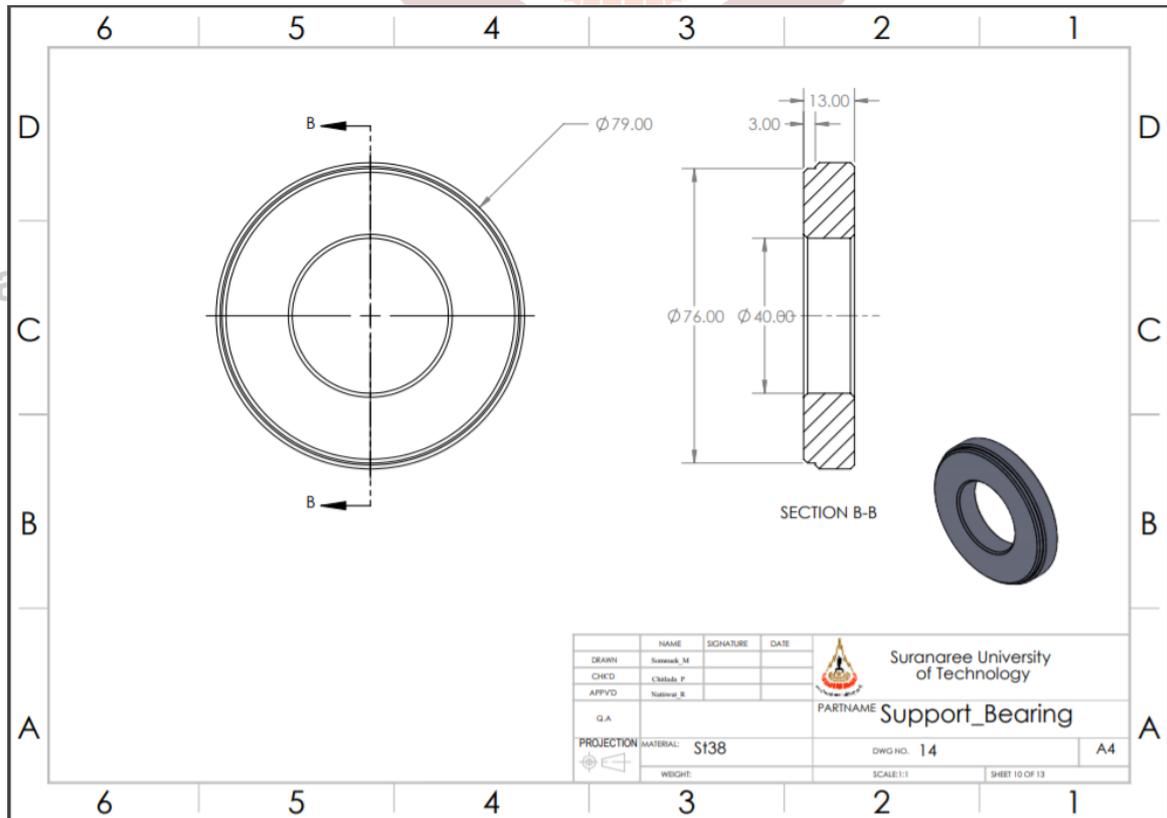
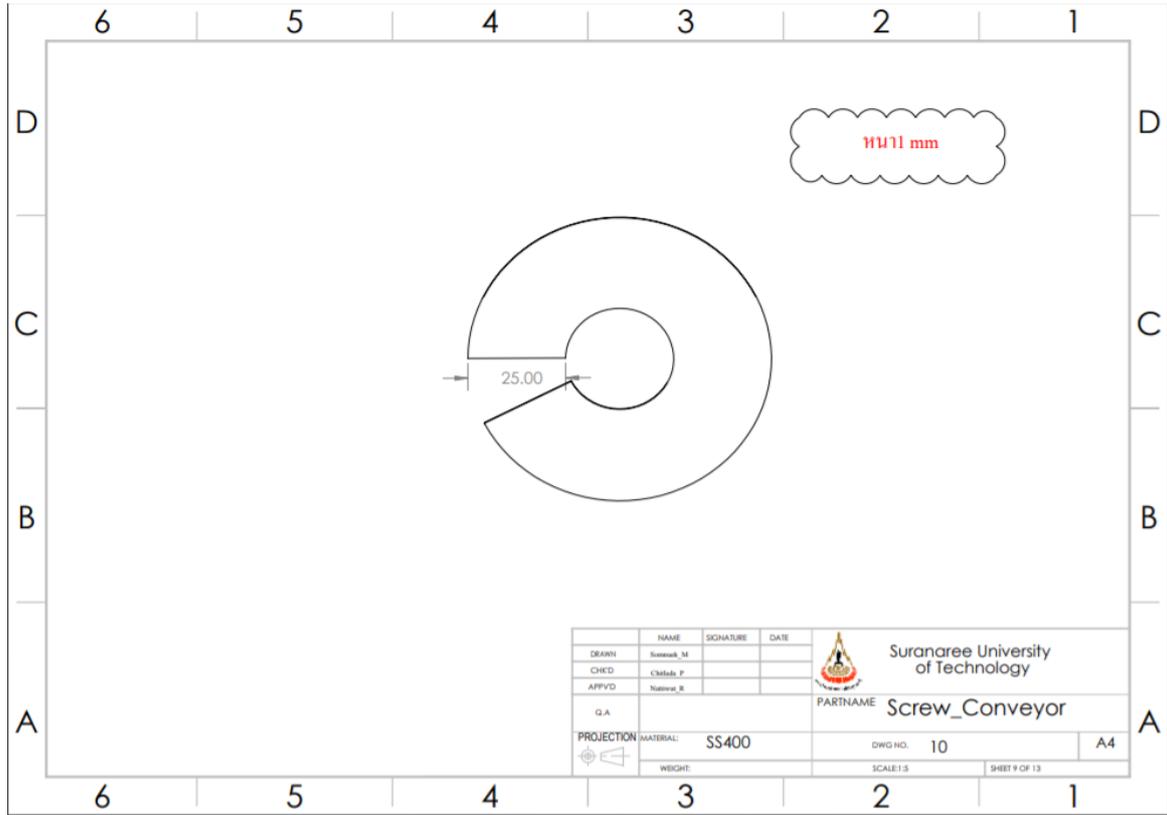
ภาคผนวก

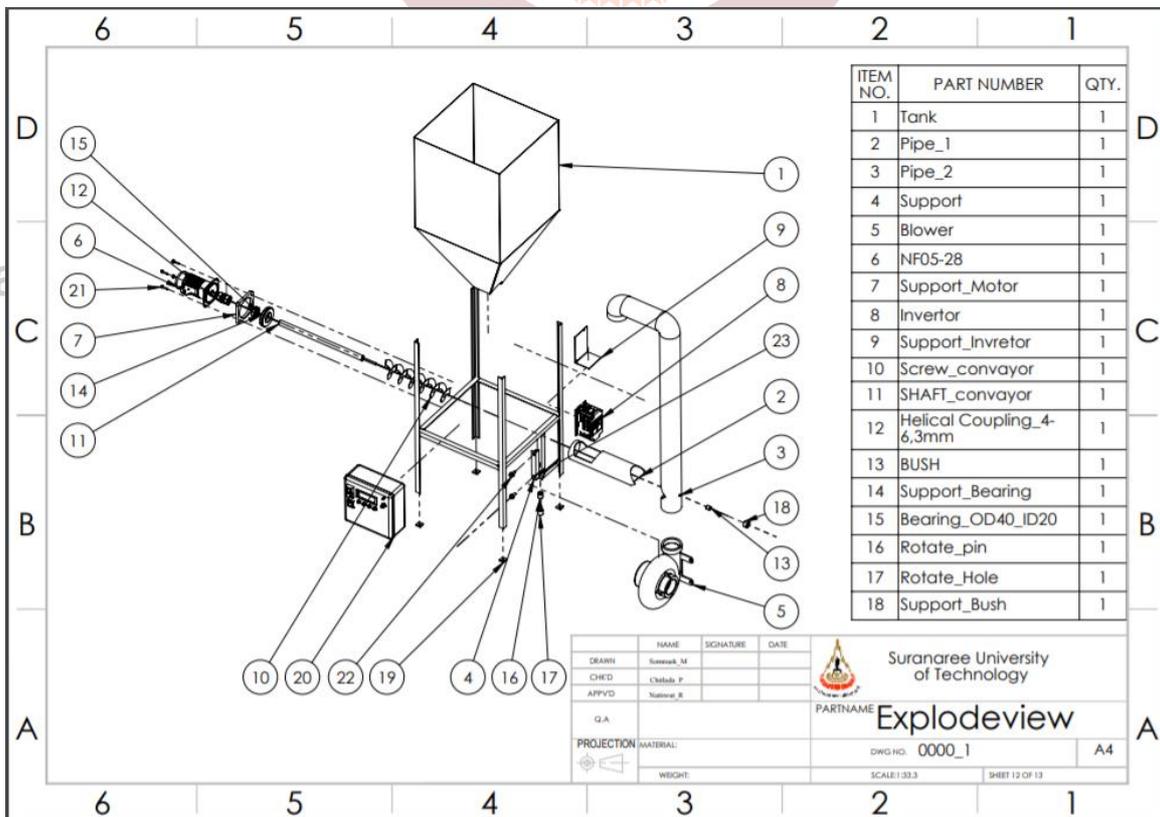
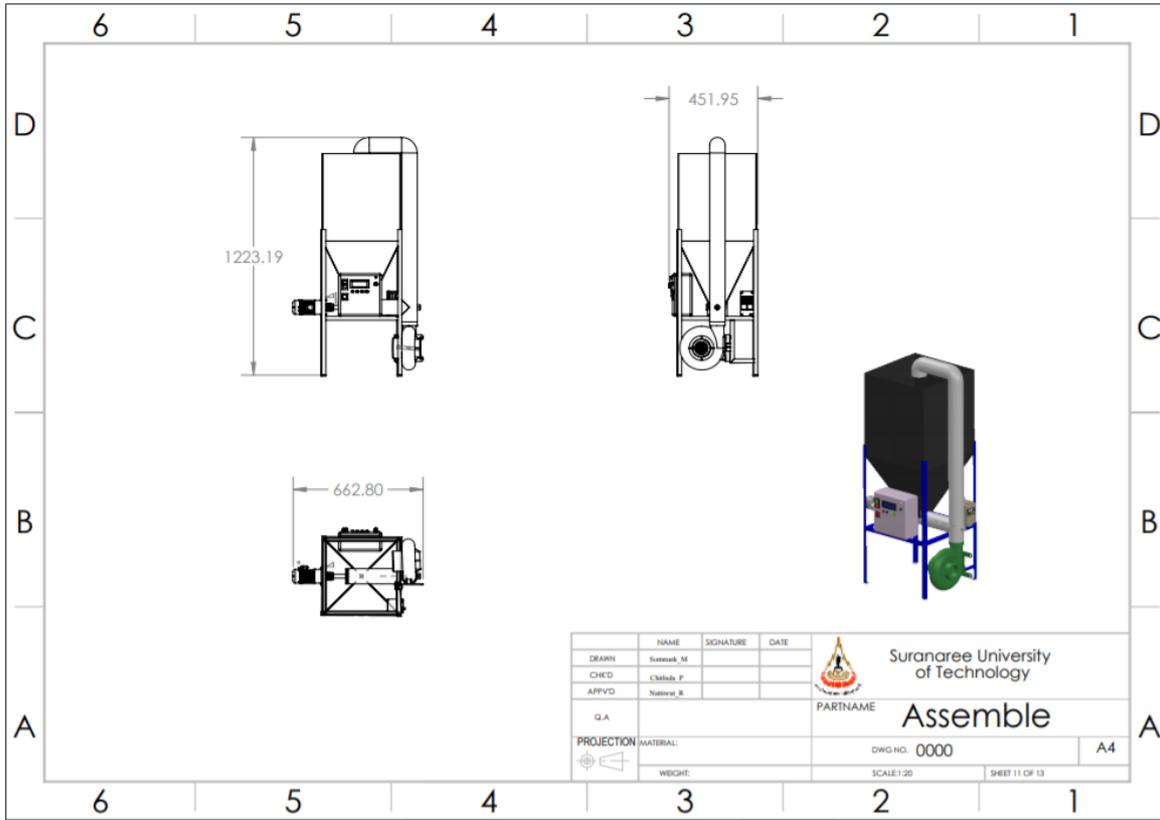






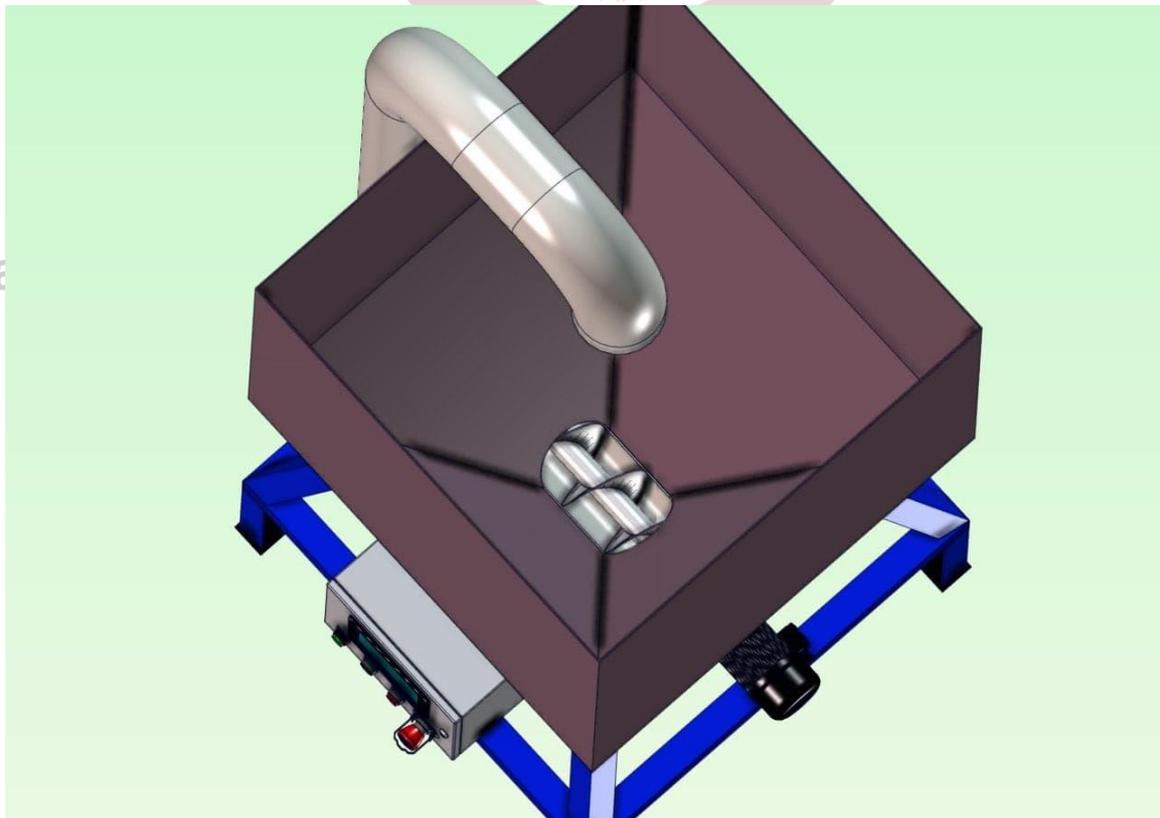


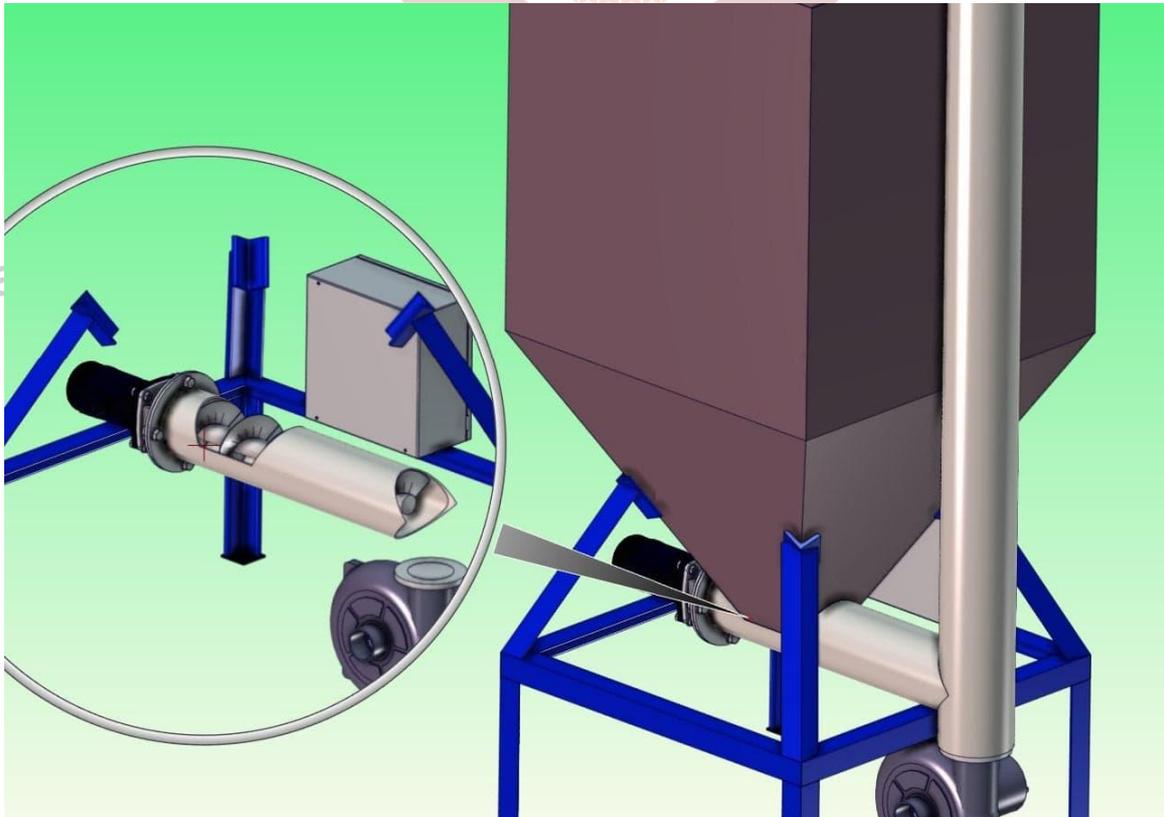
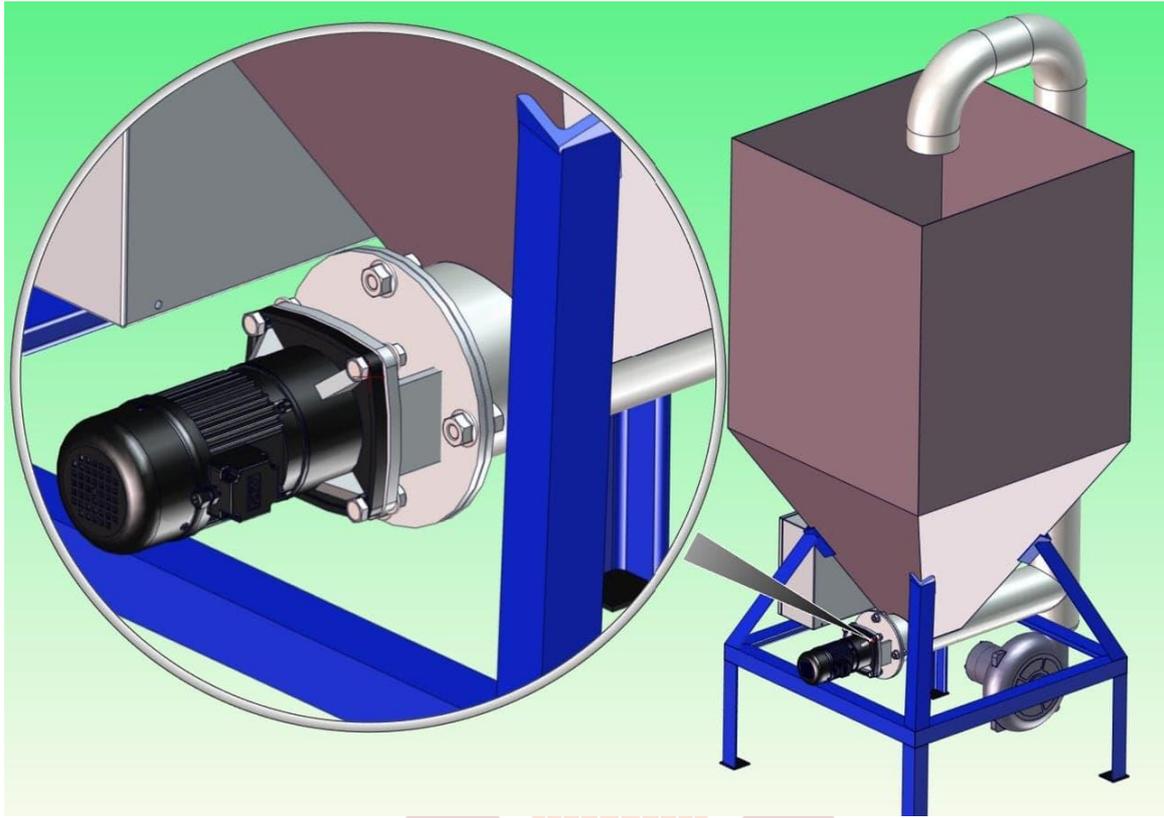




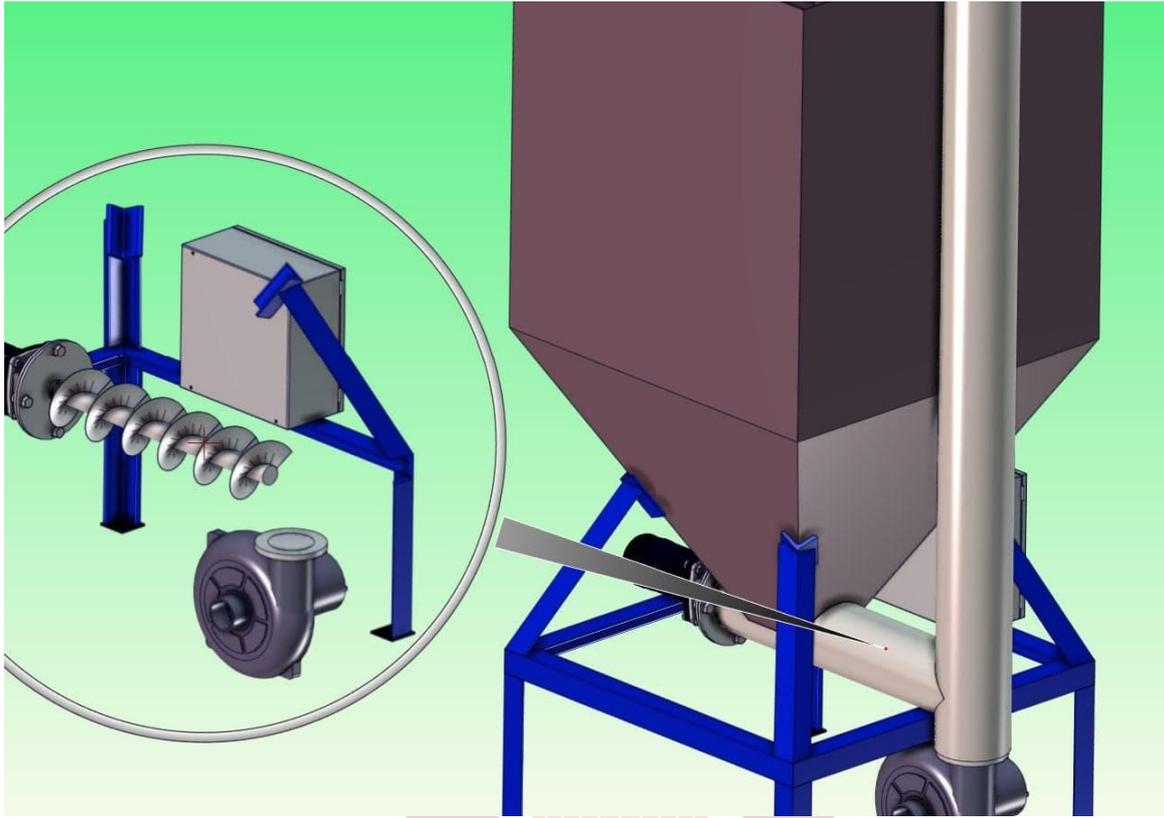
| ITEM NO. | PART NUMBER | QTY. |
|----------|--|------|
| 19 | FootBase | 4 |
| 20 | Controller | 1 |
| 21 | B18.2.3.2M - Formed hex screw, M5 x 0.8 x 25 -16WN | 4 |
| 22 | B18.2.3.9M - Heavy hex flange screw, M8 x 1.25 x 20 -20N | 2 |
| 23 | B18.2.2.4M - Hex flange nut, M8 x 1.25 -N | 2 |

| | | | |
|--------------------|-----------|------|---|
| NAME | SIGNATURE | DATE |  Suranaree University of Technology PARTNAME Sheet_2 |
| DRAWN: Somsak M. | | | |
| CHECK: Chitlada P. | | | |
| APPVD: Natvorat S. | | | |
| Q.A. | | | DWG NO. 0000_1_1 |
| PROJECTION | MATERIAL: | | SCALE:1:33.3 |
| | WEIGHT: | | SHEET 13 OF 13 |





สาร

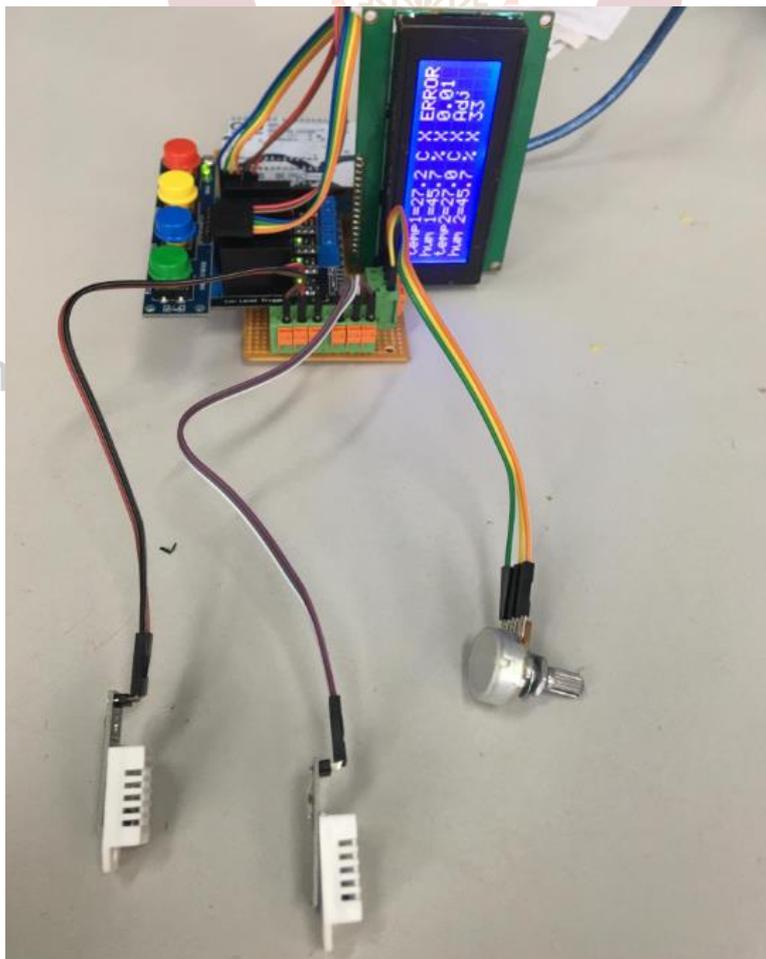


สำ

นารี

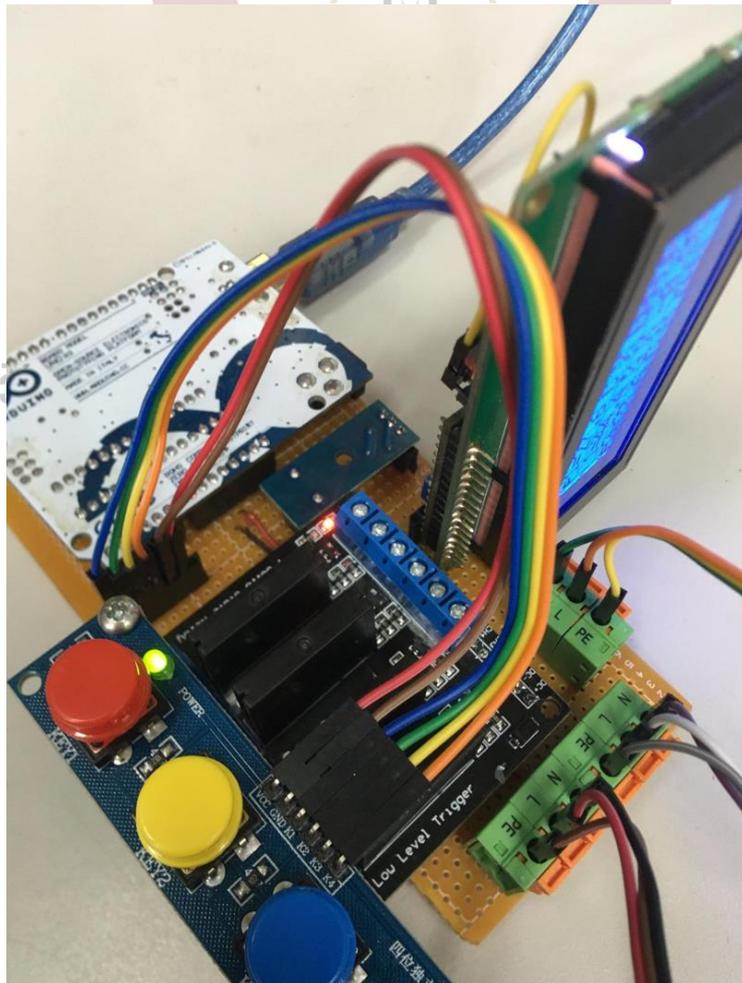


นารี



สำนักวิชา

ส
เทคโนโลยีสุรนารี



สำนักวิชา

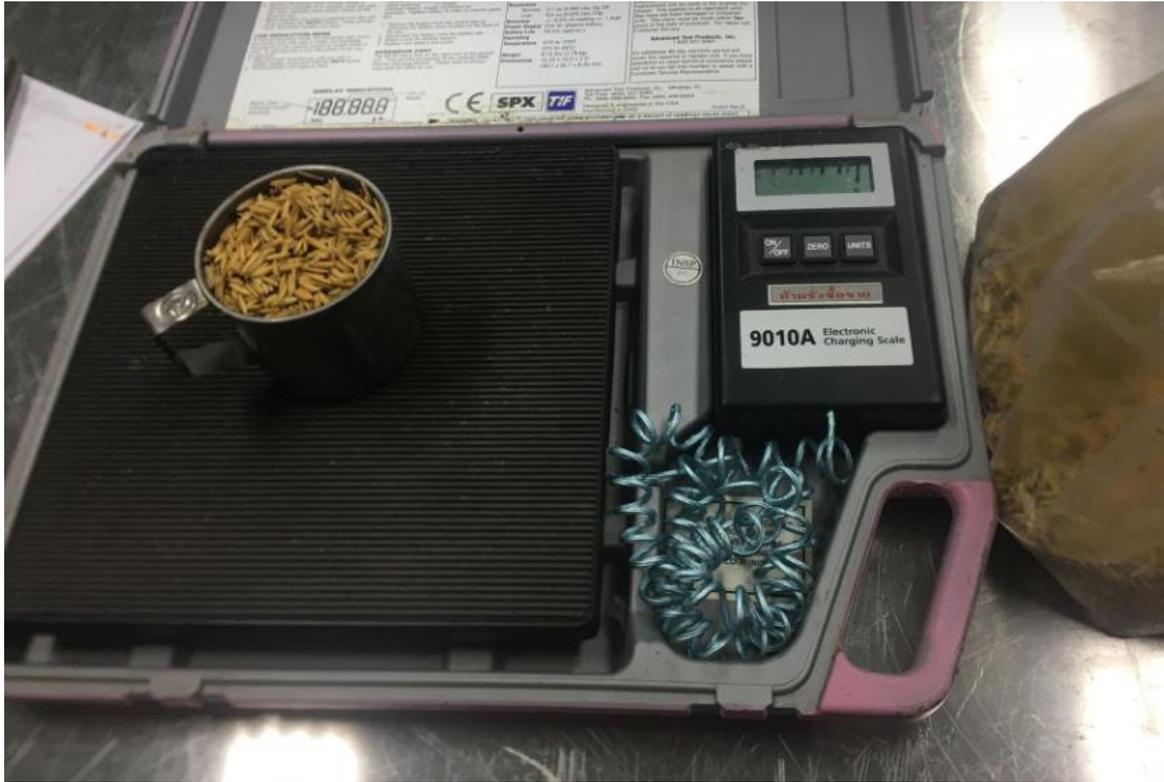
ศาสตร์

เทคโนโลยีสุรนารี



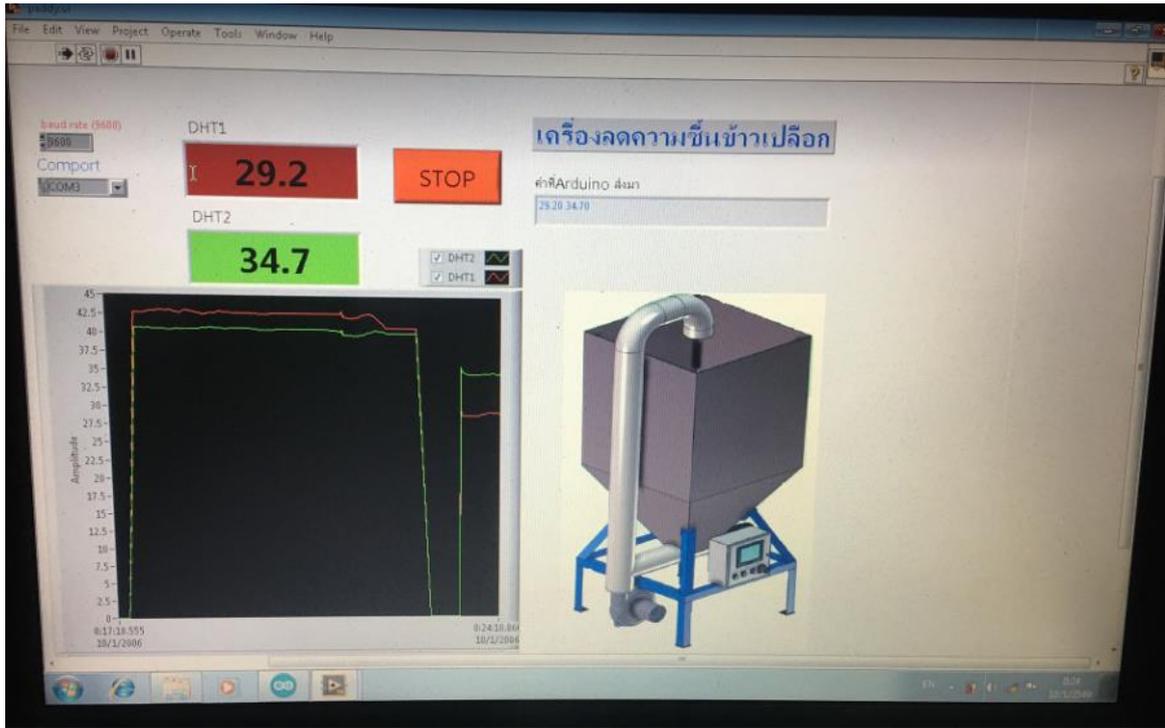
สำเนา

สุรนาธิ



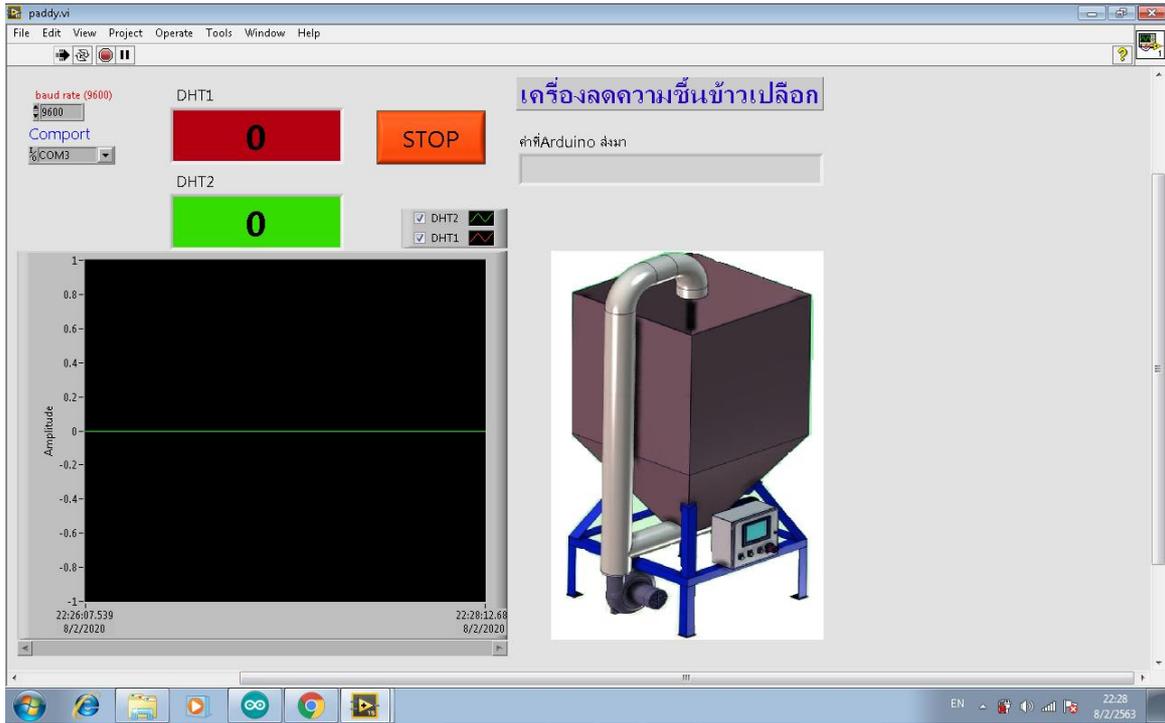
สำเนา

ผู้สุรนาธิ



ค่า

นารี



นารี



สำ

รณาริ

ประวัติผู้เขียน



นางสาวจิตรลดา ปทุมานันท์ เกิดวันที่ 27 เมษายน 2535 ภูมิลำเนาตำบลโพธิ์กลาง อำเภอมืองนครนราราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้า แผนกงานเมคคาทรอนิกส์ จากวิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา ปีการศึกษา 2555 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โทร 085-255-7044 Email : pathumanan_c@aol.com



นาย ฌัฐวุฒิ รายนะสุข เกิดวันที่ 11 ธันวาคม 2528 ภูมิลำเนาตำบลหัวทะเล อำเภอมืองนครนราราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม จากวิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา ปีการศึกษา 2558 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โทร 085-204-2800 Email : kz.hunter1@gmail.com

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



นาย สมนึก มุ่งกลีบกลาง เกิดวันที่ 30 ธันวาคม 2536 ภูมิลำเนาตำบลขามเฒ่า อำเภอมืองโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชา เทคนิคการผลิต จากวิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา ปีการศึกษา 2558 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โทร 098-054-1863 Email : somnuk@sri.or.th