บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงหลักทางวิชาการต่างๆที่เกี่ยวข้องที่ได้ทำการศึกษาเพื่อจะได้นำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานการสร้างเครื่องทอดขนมโดนัทควบคุมการทำงานด้วยอุปกรณ์ PLC (Programmable Logic Controller) ให้บรรลุจุดประสงค์และเป้าหมายของการทำงาน โดยทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องได้นำมาประยุกต์ใช้คือ

2.1 การออกแบบทางวิศวกรรม

คือ การออกแบบวางแผนการสร้างเครื่องโครงสร้างระบบหรือกระบวนการต่างๆเพื่อแสดงปัจจัยต่างๆที่ต้องการกระบวนการออกแบบประกอบไปด้วย

2.1.1 การรู้ในสิ่งที่ต้องการและข้อกำหนดสิ่งที่ต้องการนั้นอยู่ในรูปเงื่อนไขทั่วไปเพื่อจำกัดขอบเขตของปัญหา

2.1.2 การพิจารณาวิธีการต่างๆ สำหรับแก้ไขปัญหา และเลือกเอาวิธีใดวิธีหนึ่งเพื่อเจาะ เข้าไปในรายละเอียด ศึกษาความเป็นไปได้ของแต่ละขั้นตอนในขบวนการ

2.1.3 การสร้างแบจำลองและแสดงรายละเอียดของส่วนประกอบที่สำคัญ

2.1.4 การออกแบบส่วนประกอบทั้งหมดพร้อมทั้งเตรียมแบบรายละเอียดต่างๆในช่วง แรกของการออกแบบผู้ออกแบบจะต้องใช้จินตนาการในการออกแบบอย่างเต็มที่แบบรายละเอียดการออกแบบที่สมบูรณ์คือข้อมูลในการตัดสินใจในขั้นตอนต่อผู้ออกแบบต้องใช้กฎพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์จากข้อมูลที่กำหนดไว้อย่างไรก็ตามจะต้องเข้าใจว่า วิทยาศาสตร์เป็นเพียงข้อกำหนดที่ตั้งขึ้นเพื่อประกอบการตัดสินใจของผู้ออกแบบดังนั้นการตัดสินใจจะเป็นตัวบ่งชี้คุณลักษณะของการออกแบบ

การออกแบบเครื่องจักรกลจะต้องทำตามขั้นตอนดังนี้เครื่องจักรกลจะถูกประกอบหลังจากได้ทำการจัดเตรียมส่วนประกอบต่างๆของเครื่องจักรกลแล้วจากนั้นจะเป็นการวิเคราะห์แรง(ซึ่งจะยังไม่สมบูรณ์เพราะยังไม่ได้พิจารณาถึงชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่)จากข้อมูลส่วนประกอบที่ได้มีออกแบบไว้ เราสามารถออกแบบส่วนประกอบย่อยได้อีก (เป็นการทดลองดูก่อน) หลังจากนั้นจะเป็นการวิเคราะห์แรงที่แน่นอนอย่างละเอียด ขั้นสุดท้ายของการออกแบบจะพิจารณาถึงผลกระทบต่างๆและการแก้ไขปัจจัยทางด้านความแข็งแรง เช่น น้ำหนัก ขนาด ชนิดวัสดุ ราคา และกรรมวิธีการผลิต และอื่นๆ [2]

2.2 กระบวนการทอด (Frying) [3]

การทอดเป็นกรรมวิธีที่มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพการบริโภคของอาหาร วัตถุประสงค์รองคือ การถนอมรักษาอาหาร โดยการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ลดค่าและเอนไซม์ ที่ผิวอาหารตลอดชิ้นอาหารถ้าเป็นการทอดอาหารชิ้นบางๆ ความชื้นหลังอาหารของการทอดเป็นตัวกำหนดอายุของผลิตภัณฑ์ อาหารที่มีความชื้นอยู่ภายใน เช่น โดนัท ขนมปังทอดการเก็บรักษาจะสั้นเนื่องจากมีการเคลื่อนที่ ของน้ำและน้ำมันระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อวางอาหารลงในน้ำมันร้อนอุณหภูมิของผิวหน้าของอาหารจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงจุดเดือดของน้ำและจะทำให้น้ำเกิดการระเหยกลายเป็นไอ ผิวหน้าจะเริ่มแห้งแนวระนาบการระเหยกลายเป็นไอ ผิวหน้าจึงเริ่มแห้ง แนวระนาบการระเหยจะเคลื่อนที่เข้าไปในอาหารและเกิดเปลือกนอกขึ้น อุณหภูมิบริเวณผิวหน้าของอาหารจะเพิ่มขึ้นสู่น้ำมันร้อนอุณหภูมิของน้ำมันร้อน และอุณหภูมิภายในจะเพิ่มขึ้นสู่อย่างช้าๆถึงจุดเดือนของน้ำมันอีกครั้ง (จุดเดือดของน้ำที่ความดันบรรยากาศ คือ 100°C) ความแตกต่างของน้ำมันกับอาหารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนที่ผิวจะเป็นตัวควบคุมการถ่ายเทความร้อน ค่าการนำความร้อนของอาหารจะเป็นตัวควบคุมอัตราการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในอาหาร [3]

2.2.1 เวลาที่ใช้ในการทอดโดยสมบูรณ์ ขึ้นอยู่กับ

1) ชนิดของอาหาร

2) อุณหภูมิของน้ำมัน

3) วิธีการทอดว่าเป็นการทอดแบบน้ำมันตื้น(Shallow frying) หรือแบบน้ำมันท่วม (Deep-fat-frying)

4) ความหนาของชิ้นอาหาร

5) ความต้องการในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพบริโภค

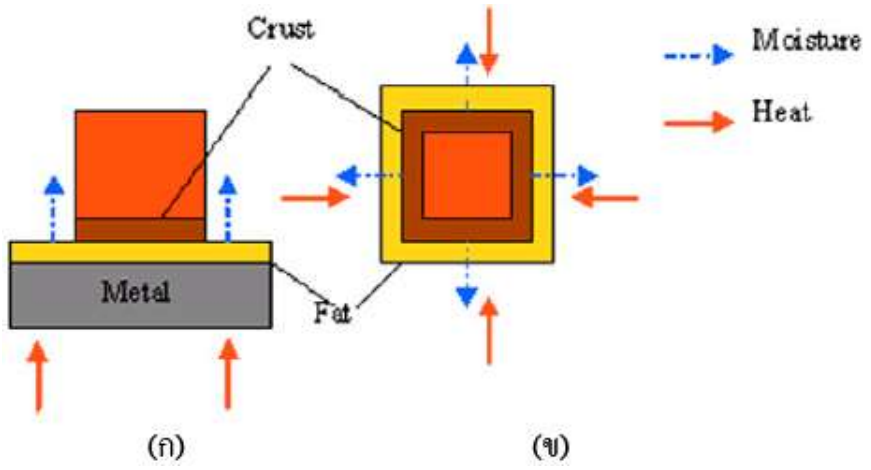
ปัจจัยในการกำหนดอุณหภูมิในการทอดคือ ลักษณะความต้องการของผลิตภัณฑ์ มีการใช้อุณหภูมิสูงสำหรับการทอดอาหารที่ต้องการให้มีเปลือกนอกแข็งและมีความชื้นภายใน และอัตราการถ่ายโอนความร้อนไปยังด้านในอาหาร ชิ้นอาหารจึงยังคงรักษาเนื้อสัมผัสที่ชุ่มชื้นและกลิ่นรสของสารประกอบในอาหารไว้ได้ การทำให้อาหารแห้งโดยการทอดจะใช้การทอดที่อุณหภูมิต่ำกว่าจึงทำให้ระนาบการระเหยเคลื่อนลึกลงไปในอาหารก่อนการเกิดเปลือกนอก อาหารจึงแห้งก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลงด้าน กลิ่น สี ที่รุนแรง

2.2.2 กระบวนการทอดทางอุตสาหกรรมที่สำคัญมีอยู่ 2 วิธี ซึ่งสามารถจำแนกโดยวิธีการถ่ายโอนความร้อน ได้แก่ วิธีการทอดแบบน้ำตื้น และวิธีการทอดแบบน้ำมันท่วม

1) การทอดแบบน้ำมันตื้น วิธีนี้เหมาะสำหรับอาหารที่มีพื้นผิวต่อปริมาตรสูง เช่น เบคอน ไข่ เบอร์เกอร์ และพายชนิดต่างๆ ความร้อนจากผิวของกระทะร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านชั้น

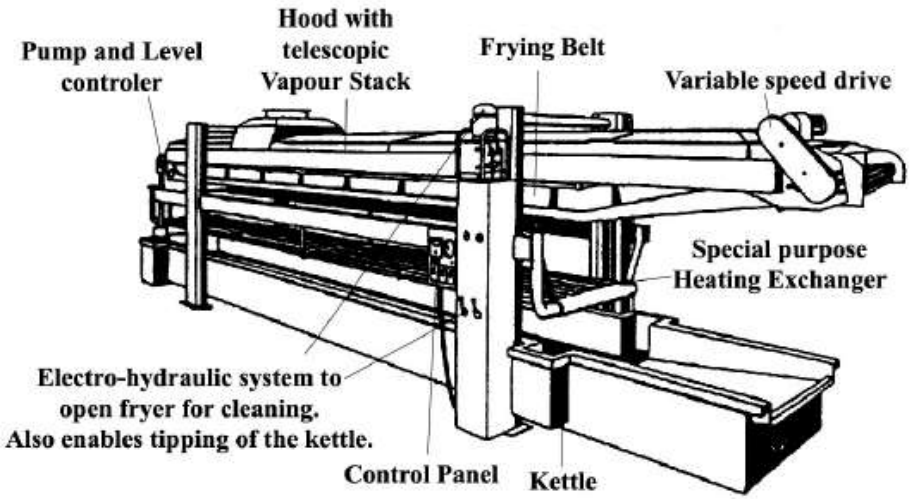
น้ำมันบางๆ ไปยังอาหารดังรูปที่ 2.1 ความหนาของชั้นน้ำมันต่างกันขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของผิวหน้าอาหารถ้าชั้นน้ำมันบางฟองไอน้ำเดือดจะทำให้อาหารเคลื่อนที่ลงบนผิวร้อนของกระทะการกระจายความร้อนจึงไม่สม่ำเสมอทำให้ผิวหน้าของอาหารที่ทอดแบบตื้นมีสีน้ำตาลไม่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามวิธีการทอดแบบนี้จะทำให้สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนที่ผิวหน้าอาหารสูง

2) การทอดแบบน้ำมันท่วม การถ่ายเทความร้อนโดยวิธีนี้เป็นทั้งการพาความร้อนและการนำความร้อนเข้าสู่ภายในอาหารผิวอาหารทั้งหมดจะได้รับความร้อนใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดสีและลักษณะภายนอกที่สม่ำเสมอดังรูปที่ 2.1 การทอดแบบน้ำมันท่วมเหมาะสำหรับอาหารทุกรูปร่างแต่อาหารที่มีรูปร่างไม่แน่นอนจะอมน้ำมันมากกว่าอาหารที่มีรูปร่างแน่นอนสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนก่อนเกิดการระเหยจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเกิดเทอบุเลนซ์ของไอที่เหลือออกจากอาหาร อย่างไรก็ตามถ้าอัตราการระเหยสูงเกินไปจะเกิดฟิล์มบางๆ ของไอน้ำอยู่บนผิวอาหารทำให้สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนลดลง

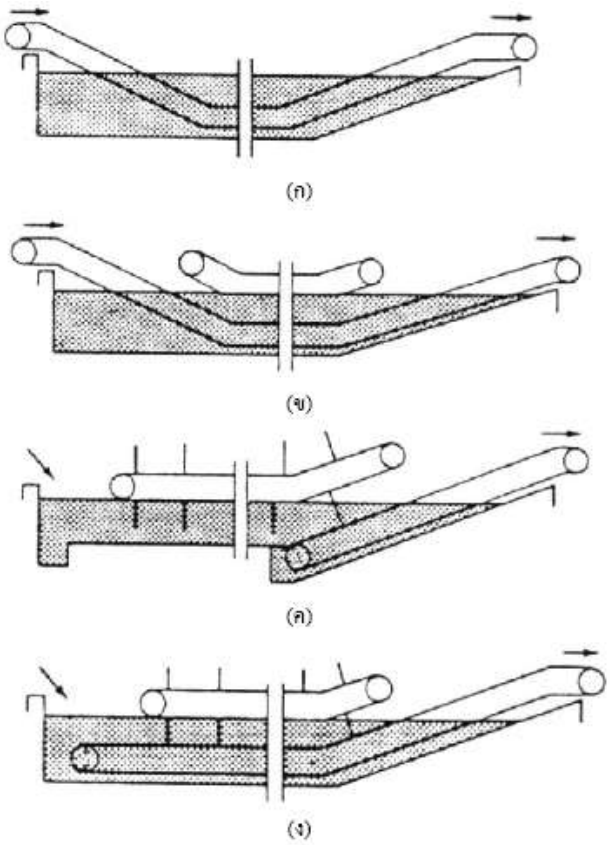


รูปที่ 2.1 การถ่ายโอนความร้อนและมวลสารในการทอดแบบน้ำมันตื้นและการทอดแบบน้ำมันท่วม [3]

2.2.3 เครื่องมือสำหรับการทอดแบบน้ำมันตื้นประกอบด้วยผิวที่มีโลหะร้อนโดยใช้ชั้นน้ำมันตื้นๆ ในอุตสาหกรรมนิยมใช้เครื่องทอดแบบน้ำมันท่วมซึ่งสามารถทำงานแบบต่อเนื่องได้ การทอดแบบกะ (Batch) ทำได้โดยการทอดอาหารในอ่างน้ำมันร้อนจนกว่าจะได้รับการทอดที่ต้องการโดยทั่วไปจะดูได้จากสีผิวอาหาร เครื่องทอดแบบน้ำมันท่วมซึ่งทำงานแบบต่อเนื่องประกอบด้วยสายพานสแตนเลสที่มีรูเล็กๆ และเคลื่อนที่ผ่านแท็งก์เก็บน้ำมันดังรูปที่ 2.2 ความร้อนที่ใช้อาจมาจากไฟฟ้า ก๊าซ น้ำมันเตา หรือไอน้ำ ในการวางอาหารลงในน้ำมันวางให้จมลงบนสายพานที่จุ่มอยู่ในน้ำมันจะใช้ใบพายเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ ถ้าอาหารลอยขึ้นอาจใช้สายพานตัวที่สอง



รูปที่ 2.2 ระบบการทอดอย่างต่อเนื่องในน้ำมันท่วม[3]



รูปที่ 2.3 การเรียงตัวแบบต่างๆของสายพานในเครื่องทอด (ก) อาหารไม่ลอยตัว เช่น ชิ้นปลาบด (ข) ผลิตภัณฑ์ชุบแป้งขนมปัง (ค) อาหารที่แห้งที่มีความหนาแน่นต่ำ เช่น ขนมขบเคี้ยว (ง) อาหารประเภทผสม เช่น ถั่ว [3]

ทำให้อาหารจมลงใต้ผิวน้ำ ดังรูปที่ 2.3 ความเร็วของสายพานและอุณหภูมิของน้ำมันจะเป็นตัวควบคุมเวลาในการทอดสายพานที่เอียงอยู่จะเคลื่อนที่นำอาหารออกไปพร้อมกับสลัดน้ำมันกลับลงแท็งก์น้ำมันจะไหลหมุนเวียนอยู่ในเครื่องทำความร้อนและมีการเติมน้ำมันใหม่ลงไปเพื่อรักษาระดับน้ำมันในแท็งก์การกำจัดเศษอาหารออกจะช่วยยืดอายุของน้ำมันได้ มิฉะนั้นอาหารจะไหม้และมีผลต่อกลิ่นรสและสีของผลิตภัณฑ์ ความหนืดของน้ำมันสำคัญมากต่อการถ่ายโอนความร้อนที่เหมาะสมรวมทั้งการทำให้อาหารดูดซับน้ำมันน้อยที่สุด

การทอดเป็นหน่วยปฏิบัติการที่มีลักษณะเฉพาะคือ การนำผลิตภัณฑ์จากหน่วยปฏิบัติการหนึ่งไปใช้ในอีกหน่วยปฏิบัติการหนึ่ง คือใช้น้ำมันที่ได้รับความร้อนในหน่วยหนึ่งเป็นตัวกลางในการถ่ายโอนความร้อนให้กับอาหารในอีกหน่วยหนึ่ง ผลกระทบต่อการทอดอาหารในเรื่องคุณภาพอาหารจึงเกี่ยวข้องกับน้ำมันและความร้อนที่ใช้ในการทอดอาหารผลกระทบของความร้อนต่อคุณภาพของน้ำมันการให้ความร้อนแก่น้ำมันที่มีอุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานานทำให้เกิดออกซิเดชั่นได้เนื่องจากมีความชื้นและออกซิเจนเคลื่อนที่ออกมาจากอาหารระหว่างการทอด

นอกจากนั้นยังเกิดการระเหยสารประเภทคาร์บอนิล กรดไฮดรอกซี กรดคีโตน และกรดอีพอกซี ทำให้น้ำมันมีสีคล้ำและมีกลิ่นเหม็น โมเลกุลของน้ำมันจะเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชั่นในสภาพไม่มีออกซิเจนและให้โพลิเมอร์ ที่มีโมเลกุลสูงหรือให้สารประกอบไซคลิกทำให้น้ำมันมีความหนืดสูงขึ้น ซึ่งจะมีผลไปลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนที่ผิวระหว่างการทอดทำให้อาหารดูดซับน้ำมันมากขึ้น

2.2.4 ผลกระทบของความร้อนในการทอด

วัตถุประสงค์หลักของการทอด คือ การปรับปรุงสี กลิ่น และรสชาติในเปลือกนอกของอาหารโดยอาศัยปฏิกิริยาเมล์ลาร์ดและการดูดซับสารระเหยจากน้ำมันปัจจัย หลักที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงสีและกลิ่นของอาหารได้แก่ [4]

1) ชนิดของน้ำมันที่ใช้ในการทอด
2) อายุประวัติด้านความร้อนของน้ำมัน
3) อุณหภูมิเวลาในการทอด
4) ขนาดและผิวด้านหน้าของอาหาร
5) การจัดการหลังการทอด

2.3 ทฤษฎีการทอดขนมโดนัทยีสต์

สำหรับอุณหภูมิที่ใช้ทอดนั้นจะมีผลต่อการดูดซึมของอาหารโดยทางอ้อม ถ้าอุณหภูมิทอดต่ำต้องใช้เวลาทอดนาน จึงจะเกิดสีน้ำตาลตามต้องการ ดังนั้นการดูดซึมจึงมากขึ้น เมื่อทอดโดนัทที่

อุณหภูมิแตกต่างกันเช่น 160,165, 170,175,180 องศาเซลเซียส การดูดซับน้ำมันจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม สีของโดนัท ความสุก และเวลาที่ใช้ทดลองจะต่างกัน

ในการทอดโดนัทโดยการควบคุมปัจจัยอย่างอื่นให้เหมือนกันหมดโดนัทที่มีผิวหน้ามาก กว่าจะดูดซับน้ำมันมากกว่าด้วย ในการทำโดนัทถ้าต้องการเพิ่มผิวหน้าอาจทำโดยการยืดแป้งและทำให้มีรอยแยกร้าวบนพื้นผิวหน้าก้อนแป้ง โดนัทที่หนากว่านี้จะมีพื้นที่ผิวน้อยกว่าเมื่อเปรียบ- เทียบกันโดยน้ำหนักของโดนัท ในการทอดแป้งการดูดซับน้ำมันจะลดลงอย่างมากถ้าไม่ใส่ผงฟูในแป้งผสมนั้นเพราะเมื่อไม่ใส่ผงฟูผิวหน้าของแป้งผสมจะลดลงมากชนิดและเครื่องปรุงในโดนัทนั้นอาจมีผลต่อการดูดซับน้ำมันด้วยถ้าเพิ่มไขมันหรือน้ำตาลในโดนัทจะมีผลในการดูดซับมากขึ้นใน ทางตรงกันข้ามการแข็งตัวในไข่จะลดการดูดซึมน้ำมันลง ดังนั้นผลรวมขั้นสุดท้ายจึงมาจากผลทั้งสองซึ่งเป็นไปในทางกลับกันนี้รวมกับผลจากปัจจัยอื่นๆ การเติมไข่ลงในแป้งผสมใช้ทอดไม่มีสารช่วยให้นุ่มประกอบอยู่ด้วย จะทำให้การดูดซับน้ำมันลดลง [3]

2.4 ส่วนผสมแป้งโดนัทยีสต์ [1]

1. แป้งขนมปัง 6+1/4 ถ้วย (700 กรัม)
2. แป้งสาลี 3+1/4 ถ้วย (300 กรัม)
3. ผงฟู 4 ช้อนชา
4. นมผง 1/2 ถ้วย
5. ยีสต์ 1 ช้อนโต๊ะ
6. น้ำ 2+1/4 ถ้วย
7. น้ำตาลทราย 1 ถ้วย
8. เกลือ 2 ช้อนชา
9. ไข่ไก่ 1 ฟอง
10. กลิ่นวานิลลา 2 ช้อนชา
11. เนยขาว 1/2 ถ้วย (100 กรัม)
12. น้ำตาลทราย/ไอซิ่ง/น้ำตาลโดนัท (สำหรับคลุก) 1+1/2 ถ้วย (300 กรัม)

2.4.1 วิธีผสมแป้ง

1) ร่อนแป้ง ผงฟู นมผง เข้าด้วยกันใส่ยีสต์เคล้าให้เข้ากัน

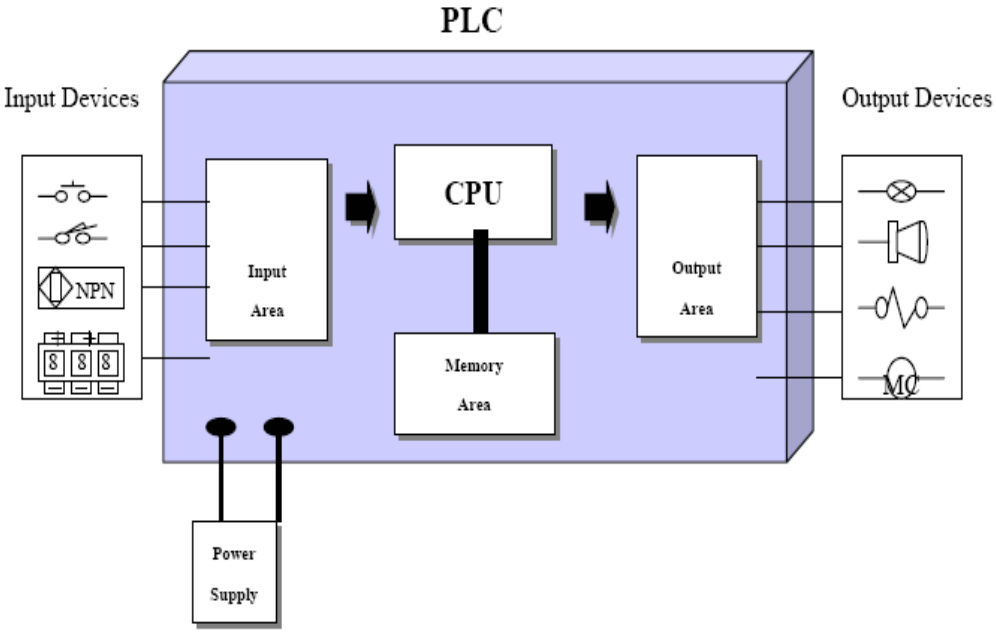
2) ผสมน้ำตาล น้ำ เกลือ ไข่ และกลิ่นวานิลลา ลงในแป้งนวดให้เข้ากันในเนยขาวนวดต่อจนแป้งเนียน

3) พักแป้งที่ผสมได้ที่แล้วหมักให้ขึ้นประมาณ 1 ชั่วโมง นำมานวดไล่อากาศ

หมายเหตุ การทอดควรใช้น้ำมันร้อนจัด ไฟปานกลาง และไม่ควรกลับไปมาบ่อยครั้ง

2.5 อุปกรณ์ PLC (Programmable logic controller)

PLC เป็นอุปกรณ์ที่คิดค้นมาเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรอัตโนมัติต่างๆ แทนการควบคุมการทำงานแบบเก่า ที่เป็นวงจรรีเลย์ ที่มีการเดินสายไฟและการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการทำงานที่ยุ่งยาก และเมื่อมีการใช้งานไปนานๆ การทำงานของวงจรรีเลย์เริ่มมีการทำงานที่ผิดพลาด อันเนื่องมาจากการเสื่อมสภาพของหน้าสัมผัสรีเลย์ ดังนั้นในปัจจุบันมีการนำ PLC มาใช้แทนวงจรรีเลย์แบบเก่าเนื่องจากมีการต่อใช้งานง่ายเพียงต่อกับอุปกรณ์อินพุทและเอ้าท์พุทก็สามารถใช้งานได้แล้วสำหรับการแก้ไขเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขของการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรก็เพียงทำการแก้ไขที่โปรแกรมเท่านั้น [5]



รูปที่ 2.4 ลักษณะโครงสร้างภายในของ PLC ซึ่งประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก [5]

2.5.1 ลักษณะโครงสร้างภายในของ PLC ซึ่งประกอบด้วยส่วนหลักๆ 5 ส่วน

1) ตัวประมวลผล (CPU) ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของ PLC ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดและมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Micro processor based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ (Relay) เคาน์เตอร์ (Counter)/ไทม์เมอร์ (Timer) และซีเควนเซอร์ (Sequencer) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้รีเลย์ แลดเดอร์ไดอะแกรม Relay ladder diagram ได้ CPU จะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุตต่างๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและ

เก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ จากนั้นจะส่งส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกออกไปยังอุปกรณ์เอาท์พุท

2) หน่วยความจำ (Memory) ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงานโดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิทข้อมูล (Data bit) ภายในหน่วยความจำ1 บิท ก็จะมีค่าสภาวะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันแล้วแต่คำสั่งซึ่ง PLC ประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ ROM และ RAM

- RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก จึ่งเหมาะกับงานระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อยๆ

- ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ หน่วยความจำแบบ ROM ยังสามารถแบ่งได้เป็น EPROM ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีแบบ EEPROM หน่วยความจำประเภทนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม สามารถใช้งานได้เหมือนกับ RAM แต่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง แต่ราคาจะแพงกว่าเนื่องจากรวมคุณสมบัติของ ROM และ RAM ไว้ด้วยกัน

3) หน่วยอินพุต (Input devices) สัญญาณอินพุตจะเป็นสัญญาณแบบรีเลย์, พัลส์, แรงดันไฟฟ้า (VDC) หรือกระแสไฟฟ้าสัญญาณเหล่านี้ จะถูกส่งมาจากอุปกรณ์อินพุตเมื่อ PLC ได้รับสัญญาณอินพุตแล้ว หลังจากนั้นจะนำสัญญาณที่ได้ไปประมวลผลต่อไปอุปกรณ์อินพุตที่ให้สัญญาณได้แก่ สวิทซ์ เอ็นโคดเดอร์ (Encoder) เป็นต้น

Limit Switch

K-type thermocouple

รูปที่ 2.5 แสดงอุปกรณ์อินพุต (Input devices) [6]

4) หน่วยเอาต์พุต (Output devices) สัญญาณที่ออกมาจากเอาท์พุตของ PLC ไม่ว่าจะเป็นเอาท์พุตแบบรีเลย์ หรือ ทรานซิสเตอร์ ก่อนที่สัญญาณจะถูกส่งผ่านไปยังอุปกรณ์เอาต์พุตได้ต้องผ่าน Buffer Relay หรือต้องผ่านวงจรไดร์ฟก่อน จึงสามารถต่อเข้าโหลดได้ เช่น ถ้าต้องการ

สัญญาณเอาต์พุตไปควบคุมมอเตอร์ให้ทำงาน ต้องผ่านวงจรไดร์ฟก่อนเนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่จ่านออกมาจาก PLC มีค่าน้อยเกินกว่าค่ากระแสที่มอเตอร์จะนำไปใช้ได้

จากเนื้อหาที่กล่าวถึง สามารถสรุปได้ว่า PLC มีส่วนประกอบต่างๆเหมือนคอมพิวเตอร์โดยแบ่งเป็น ส่วนคือมีภาคอินพุต/เอาต์พุต, ตัวประมวลผล, หน่วยความจำ, แหล่งจ่ายไฟ ซึ่งอุปกรณ์อินพุตของคอมพิวเตอร์ คือ คีย์บอร์ด ส่วนอุปกรณ์อินพุตของ PLC เป็นมอเตอร์, โซลินอล์ยวาล์ว เป็นต้น

Magnetic Contactor Motor HEATER

รูปที่ 2.6 แสดงอุปกรณ์เอาต์พุต (Output devices) [6]

2.6.1.5 อุปกรณ์จ่ายไฟ (Power supply) ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับ CPU Unit หน่วยความจำ และอุปกรณ์อินพุต/ เอาต์พุต

2.6 ภาษาที่ใช้ในการเขียน PLC (ภาษาในการเขียนโปรแกรม ตามมาตรฐาน IEC 1131-3)

ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมตามมาตรฐาน IEC 1131-3 กำหนดไว้ 5 ภาษา คือ LD (Ladder diagram) FBD (Function block diagram) IL (Instruction list) ST (Structure text) และ SFC (Sequential function chart) ถึงแม้ว่าลักษณะโครงสร้างของแต่ละภาษาจะมีความแตกต่างกัน แต่ในแต่ละภาษาจะมีส่วนประกอบต่างๆ ในโปรแกรมมีลักษณะเดียวกันตามมาตรฐาน IEC 1131-3 เช่น ลักษณะการประกาศตัวแปร ฟังก์ชั่น และฟังก์ชันบล็อก เป็นต้นแต่อย่างไรก็ตามเราสามารถที่จะเขียนโปรแกรมโดยนำรูปแบบการเขียนในภาษาต่างๆ มารวมกันได้

2.6.1 แลดเดอร์ไดอะแกรม (Ladder diagram)

จะเป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปของกราฟิคซึ่งมีพื้นฐานมาจากวงจรควบคุมแบบรีเลย์และวงจรไฟฟ้า ซึ่งแลดเดอร์ไดอะแกรม จะประกอบด้วยราง (Rail) ทั้งซ้ายและขวาของไดอะแกรม

เพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เป็นสวิตช์หน้าสัมผัสเพื่อเป็นทางผ่านของกระแสและมีขดลวดหรือ คอยล์ เป็นเอาต์พุต

2.6.2 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรม (Function block diagram)

เป็นภาษาที่แสดงฟังก์ชั่น การทำงานในรูปของกราฟิคเช่นเดียวกัน และเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่ายโดยการเขียนโปรแกรมในรูปของฟังก์ชั่นบล็อคไดอะแกรม จะมีพื้นฐานมาจากลอจิกไดอะแกรม

2.6.3 อินสตรักชั่น ลิสต์ (Instruction list)

IL จะเป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปของข้อความและมีลักษณะคล้ายกับภาษาแอสเซมบลี้ (Assembly) และภาษาเครื่อง (Machine code) ซึ่งภายในหนึ่งคำสั่งควบคุมจะประกอบด้วยส่วนปฏิบัติการ (Operator) และส่วนที่ถูกดำเนินการ (Operand)

2.6.4 สทรักเตอร์ เท็กซ์ (Structure text)

ST จะเป็นภาษาในระดับสูงโดยมีพื้นฐานมาจากภาษา Pascal ซึ่งจะประกอบไปด้วยนิพจน์ และคำสั่ง โดยคำสั่งทั่วไปจะอยู่ในรูปของคำสั่งเกี่ยวกับการเลือกทำงาน เช่น IF THEN ELSE เป็นต้น คำสั่งเกี่ยวกับการทำงานซ้ำ เช่น FOR, WHILE เป็นต้น

2.6.5 ซีเควนซ์ฟังก์ชัน ชาร์ท (Sequential function chart)

SFC จะเป็นภาษาที่รองรับการเขียนโปรแกรมที่มีโครงสร้างการทำงานเป็นแบบซีเควนซ์ซึ่งส่วนประกอบของ SFC จะประกอบด้วย Step (คำสั่งในการปฏิบัติการในแต่ละขั้นตอน) และ Transition (เงื่อนไขที่กำหนดให้กระทำคำสั่งในแต่ละ Step) นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดลักษณะการทำงาน เช่น Alternative step sequence และ Parallel step sequence เป็นต้น [5]

2.7 องค์ประกอบของโปรแกรม FBD (Function block diagram)

เป็นภาษาที่แสดงฟังก์ชั่น การทำงานในรูปของกราฟฟิก เช่นเดียวกัน และเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย โดยการเขียนโปรแกรมในรูปของ ฟังก์ชั่นบล็อกไดอะแกรม จะมีพื้นฐานมาจาก ลอจิกไดอะแกรมทางกลุ่มได้นำ PLC SIEMRNS LOGO มาใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องทอดขนมโดนัทเพราะง่ายต่อการเขียนโปรแกรมและแก้ไขโปแกรมได้ง่าย PLC Siemens LOGO! 12/24RC ใช้งานปกติ 8 Input (6 Digital+2 Analog) 4 Output (Relay 10A.) เหมาะในการควบคุมงานด้านอุตสาหกรรม [5]

2.8 สแตนเลส (Stainless steels)

หมายถึงเหล็กกล้าที่ผสมโครเมี่ยมอย่างน้อย 10.5 % ทำให้มีคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนโดยเหล็กกล้าไร้สนิมจะสร้างฟิล์มของโครเมี่ยมออกไซด์ที่บางและแน่นที่ผิวเหล็ก- กล้า ซึ่ง จะ

ปกป้องเหล็กกล้าจากบรรยากาศภายนอก เหล็กกล้าไร้สนิมสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างจุลภาค และคุณสมบัติได้ ดังตารางที่ 2.1 นี้ [6]

ตารางที่ 2.1 กลุ่มการใช้งานคุณสมบัติของสแตนเลส (Stainless steel) [6]

กลุ่ม	เกรด	ต้านการกัดกร่อน	ขึ้นรูป	เชื่อม	คุณสมบัติ	ตัวอย่างการใช้งาน
เฟอร์ริติก	444	ดี	ดี	ดีมาก	เป็นเกรดที่มีคาร์บอนต่ำ(0.03%) ผสมโมบดินั่มและไทเทเนียมทำให้ต้านทานต่อน้ำที่มีคลอไรด์เป็นองค์ประกอบมีความต้านทานต่อการกัดกร่อน	แท้งค์น้ำร้อน (Hot water tanks) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger)
ออสเตนนิติก	304	ดี	ดีมาก	ดี	เป็นเกรดที่นิยมใช้กันมากที่สุดมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนดีสามารถขึ้นรูปเย็นและเชื่อมได้ดี	วัสดุเกี่ยวกับอาหาร เครื่องใช้ในบ้านภาชนะ เครื่องครัว เครื่องหุงต้ม ความดันแท้งค์อาหาร และงานขึ้นรูปลึก(deep drawing)
ออสเตนนิติก	304L	ดี	ดีมาก	ดีมาก	เป็นเกรด 304 ที่ผสมคาร์บอนต่ำ (<= 0.03%) ใช้เมื่อต้องการความต้านทานการกัดกร่อนตามขอบเกรนโดยเฉพาะโครงสร้างหนาที่ต้องผ่านการเชื่อม	อุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรมเคมีและอุตสาหกรรมอาหารที่ sensitization ทำหม้อไอน้ำ เครื่องถ่ายความร้อนร้อน แท้งค์

เหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติกที่ใช้กันมากจะผสมโครเมี่ยมประมาณ 17% (ช่วงของส่วนผสมของ Cr +/-1%) และนิกเกิล (Ni) ประมาณ 9% (ช่วงของส่วนผสมของ Ni +/-1%) การผสมนิกเกิลทำให้เหล็กกลุ่มนี้ต่างจากกลุ่มเฟอร์ริติกโดยนิกเกิลจะช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อนและทำให้โครงสร้างจุลภาคเป็นออสเตนไนต์ เหล็กกลุ่มนี้บางเกรดจะผสมโครเมี่ยมและนิเกิลเพิ่มเพื่อให้สามารถทนต่อการเกิดออกซิเดชั่นที่อุณหภูมิสูง เหล็กกลุ่มออสเตนนิติกนี้จะทนทานต่อการกัดกร่อนดีกว่าเหล็กกลุ่มเฟอร์ริติก ในด้านคุณสมบัติเชิงกล เหล็กกลุ่มออสเตนนิติกจะมีค่าความต้านทานแรงดึงที่จุดคราก (Yield strength) ใกล้เคียงกับของกลุ่มเฟอร์ริติก แต่จะมีค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) และค่าความยืด (Elongation) สูงกว่าจึงสามารถขึ้นรูปได้ดีมาก เหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มนี้มีคุณสมบัติที่แม่เหล็กไม่ดูดติด (ในสภาพผ่านการอบอ่อน) เช่น เกรด 304,304L, 316L, 321, 301 การใช้งานอุปกรณ์เกี่ยวกับอาหาร เช่น หม้อ ช้อน ถาด เป็นต้น

สูตรการหาขนาดปริมาตร(ลูกบาศก์เซนติเมตร)

เมื่อ $V = a.b.c$ (2.1)

a คือ ขนาดความกว้างของหม้อทอดคือ

b คือ ขนาดความยาวของหม้อทอด

c คือ ขนาดความสูงของน้ำมัน

สูตรหาน้ำหนักน้ำมัน

เมื่อ $W = V.\rho$ (2.2)

W คือ น้ำหนักของน้ำมัน

V คือ ปริมาตร

ρ คือ 910 กิโลกรัม/เมตร(ค่าความจุความร้อนจำเพาะน้ำมัน)

2.9 หม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า คือ เครื่องมือสำหรับเพิ่ม หรือลดความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับให้สูงขึ้นหรือต่ำลงโดยอาศัยการเหนี่ยวนำไฟฟ้าระหว่างขดลวดมีส่วนประกอบง่ายๆ คือแกนเหล็กอ่อนตัดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสกลางกลวง โดยมากมักจะใช้แผ่นเหล็กอ่อนบางๆ หลายๆ แผ่นอันซ้อนกันแกนเหล็กอ่อน มีหน้าที่รวมเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดที่ 1 ไปเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสในขดลวดที่ 2 ทั้ง 2 ข้างของแกนเหล็ก มีขดลวดหุ้มฉนวนบางพันไว้ ข้างหนึ่งมีจำนวนรอบมาก อีกข้างหนึ่งมีจำนวนรอบน้อย ขดลวดด้านที่ต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า A.C. เรียกว่า ขดลวดปฐมภูมิ (Primary coil) ขดลวดอีกขดหนึ่งเรียกว่า ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary coil) หม้อแปลงนี้ เราจะใช้แปลงไฟขึ้นหรือแปลงไฟลงก็ได้ แล้วแต่เราจะต่อกระแสสลับเข้าทางไหน

2.9.1 หม้อแปลงขึ้น (Step-up transformer) ต้องต่อกระแสไฟสลับเข้าทางขดลวดน้อย รอบ ในกรณีนี้ ขดลวดน้อยรอบ จะเป็นขดลวดที่ 1 (Primary coil, ขดลวดปฐมภูมิ) จะมีกระแส ไฟฟ้าสลับเกิดขึ้นในขดลวดที่ 2 หรือขดลวด ทุติยภูมิ (Secondary coil)

2.9.2 หม้อแปลงลง (Step-down transformer) ต้องต่อกระแสไฟฟ้าสลับให้ขดลวด มากรอบเป็นขดลวดที่ 1 ดังนั้น ขดลวดน้อยรอบ จะเป็นขดลวดที่ 2 ขดลวดที่ 2 จะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ำลง เพราะมีจำนวนรอบขดลวดน้อยกว่า จากรูป ขดลวดด้านซ้ายมือ เป็นขดลวดที่เราป้อนแรงดันไฟฟ้าที่เราต้องการ จะแปลงเข้าไป เรียกว่า ขดลวดปฐมภูมิสำหรับขดลวดด้านขวามือ เป็นขดลวดที่เราต้องการจะทำให้เกิดแรงเคลื่อน ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น หรือเป็นความต่างศักย์ไฟฟ้า ที่จะได้เรียกว่าขดลวดทุติยภูมิ

รูปที่ 2.7 แสดงหม้อแปลงแบบต่างๆ [7]

2.10 แมกเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnetic contactor)

เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยการทำงานโดยอำนาจแม่เหล็กในการเปิดปิดหน้าสัมผัสในการควบคุมวงจรมอเตอร์หรือเรียกว่าสวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic switch) (Contactor)

รูปที่ 2.8 แมกเนติกคอนแทกเตอร์ [8]

2.10.1 ข้อดีของการใช้รีเลย์และแมคเนติกส์คอนแทคเตอร์ เมื่อเทียบกับสวิตช์ อื่น

1) ให้ความปลอดภัยสำหรับผู้ควบคุมสูง

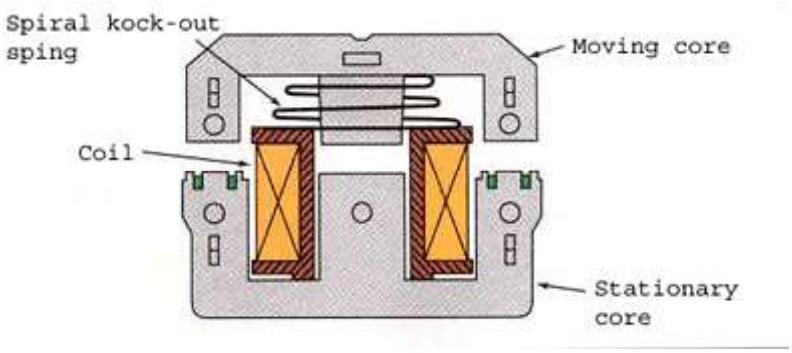
2) ให้ความสะดวกในการควบคุม

2.10.2 โครงสร้างและส่วนประกอบของ แมคเนติกคอนแทกเตอร์ หรือสวิตช์แม่เหล็ก

1) แกนเหล็ก

2) ขดลวด

3) หน้าสัมผัส



รูปที่ 2.9 ภาพลักษณะโครงสร้างภายในของ แมคเนติกส์คอนแทคเตอร์ [8]

2.10.3 หลักการทำงาน แมคเนติกส์ คอนแทคเตอร์

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดสนามแม่เหล็กที่อยู่ขากลางของแกนเหล็ก ขดลวดจะสร้างสนามแม่เหล็กที่แรงสนามแม่เหล็กชนะแรงสปริงดึงให้แกนเหล็กชุดที่เคลื่อนที่เคลื่อนที่ลงมาในสภาวะนี้(ON) คอนแทคทั้งสองชุดจะเปลี่ยนสภาวะการทำงานคือคอนแทคปกติปิดจะเปิดวงจรจุดสัมผัสออก และคอนแทคปกติเปิดจะต่อวงจรของจุดสัมผัส เมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปยังขดลวด สนามแม่เหล็กคอนแทคทั้งสองชุดจะกลับไปสู่สภาวะเดิม

2.10.4 ชนิด และขนาดของ แมคเนติกคอนแทกเตอร์ ที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งเป็น 4 ชนิดตามลักษณะของโหลด และการนำไปใช้งานมีดังนี้

AC 1 เป็นแมคเนติกคอนแทกเตอร์ที่เหมาะสำหรับโหลดที่เป็นความต้านทาน

AC 2 เป็นแมคเนติกคอนแทคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้กับโหลหดที่เป็นสปริงมอเตอร์

AC 3 เป็นแมคเนติกคอนแทคเตอร์ที่เหมาะสำหรับใช้การสตาร์ทและหยุดโหลดที่เป็น มอเตอร์กรงกระรอก

AC 4 เป็นแมคเนติกคอนแทคเตอร์ที่เหมาะสำหรับบการสตาร์ท-หยุดมอเตอร์วงจร jogging และการกลับทางหมุนมอเตอร์

2.10.5 การพิจารณาเลือกไปใช้งานในการเลือกแมคเนติกคอนแทกเตอร์ในการใช้งานให้เหมาะสมกับงานนั้น จะพิจารณาที่กระแสสูงสุดในการใช้งาน (Reacted current) และแรงดันต้องเลือกแมคเนติกคอนแทคเตอร์ที่มีกระแสสูงกว่ากระแสที่ใช้งานของที่มีแรงดันเท่ากันในการพิจารณาเลือกแมคเนติกคอนแทคเตอร์ใช้งานควรพิจรณาดังนี้

1) ลักษณะของโหลดและการใช้งาน
2) แรงดันและความถี่
3) สถานที่ใช้งาน
4) ความบ่อยครั้งในการใช้งาน
5) การป้องกันจากการสัมผัสและ การป้องกันน้ำ
6) ความคงทนทางกลและทางไฟฟ้า

2.11 มอเตอร์ (Motor)

เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ประกอบด้วยขดลวดที่พันรอบแกนโลหะที่วางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก โดยเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดที่อยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก จะทำให้ขดลวดหมุนไปรอบแกน และเมื่อสลับขั้วไฟฟ้า การหมุนของขดลวดจะหมุนกลับทิศทางเดิม มอเตอร์ มี 2 ประเภท คือ[9]

2.11.1 มอเตอร์กระแสตรง (DC) เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้ ไฟฟ้ากระแสตรงผ่านเข้าไปในขดลวด อาร์เมเจอร์ เพื่อทำให้เกิดการดูดและผลักกันของแม่เหล็กถาวรกับแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากขดลวดมอเตอร์จึงหมุนได้ ข้อดีของมอเตอร์กระแสตรง คือ

1) การควบคุมแรงบิดหรือความเร็วทำได้ง่ายและดีมาก
2) มีผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง (Response) ได้รวดเร็ว
3) การปรับความเร็วสามารถทำได้ในช่วงกว้าง

2.11.2 มอเตอร์เกียร์

การใช้งานมอเตอร์เกียร์นั้น มีหลักการง่าย ๆ ก็คือการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกลนั่นเอง อุปกรณ์หลักก็คือมอเตอร์ที่รับพลังงานไฟฟ้า (อาจจะเป็นไฟกระแสตรง, กระแสสลับ เฟสเดียว หรือสามเฟสก็ได้) แล้วทำการเปลี่ยนรูปพลังงานจากไฟฟ้าที่สเตเตอร์ (Stator) มาเป็นพลังงานกลในรูปของการหมุนของแกนมอเตอร์ (Rotor) เรียกกระบวนการนี้ว่า Electro-mechanical energy conversion โดยความเร็วของการหมุนของแกนมอเตอร์จะถูกกำหนดโดยความถี่ของกระแสไฟฟ้า (Hz) และจำนวนขั้วของมอเตอร์ (Poles) เช่นมอเตอร์ 2 Poles จะมี

ความเร็วประมาณ 2800 รอบต่อนาที (หน่วยรอบต่อนาทีนี้ ต่อไปจะใช้สัญลักษณ์ว่า RPM ซึ่งย่อมาจาก Revolute per minute นะครับ) มอเตอร์ 4 Poles จะมีความเร็วรอบประมาณ 1400 RPM จะเห็นได้ว่าความเร็วรอบของมอเตอร์นั้นมีค่าสูงมาก สูงเกินกว่าที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานได้ในหลาย ๆ กรณี นอกจากความเร็วรอบที่ออกมาจากมอเตอร์จะมีความเร็วสูงมากแล้ว แรงบิดจากมอเตอร์ก็มีค่าน้อยเกินกว่าที่จะนำไปใช้งานได้ ทำงานของมอเตอร์เกียร์คือเป็นตัวลดความเร็วของความเร็วรอบที่ออก และเพิ่มแรงบิดให้เหมาะสมกับการใช้งานนั่นเอง ภารกิจของมอเตอร์และข้อพิจารณาในเชิงกลเบื้องต้น ภารกิจของมอเตอร์ได้แก่ ปริมาณ ภาระหรือโหลด และปริมาณทอร์คที่ต้องใช้ทำงานลักษณะอื่นๆ ที่สำคัญต่อภารกิจของมอเตอร์ได้แก่ สภาวะของมอเตอร์ว่าติดตั้งใช้งาน ณ ตำแหน่งใด อุณหภูมิบริเวณงานเป็นเท่าใดเป็นเท่าใดลักษณะติดตั้ง มอเตอร์ แนวตั้งหรือนอน และมอเตอร์นั้นๆ มีกราฟแสดงสมรรถนะภาระ ความเร็วรอบ เป็นอย่างไร มอเตอร์ที่เลือกใช้งานเหมาะสมกับภารกิจ และลักษณะอื่นๆ ที่จำเป็นด้วยดังกล่าว ภารกิจของมอเตอร์ ที่สำคัญจะอธิบายพอสังเขปได้ดังนี้ ภารกิจมอเตอร์หมายถึง จำนวนกำลังของมอเตอร์ ตัวนั้นจะสามารถให้กำลังขับได้ กล่าวคือมอเตอร์จะสามารถให้กำลังขับที่เพียงพอกับงาน เรียกว่า กำลังเพลา ข้อนี้เป็นสิ่งสำคัญประการแรก แต่แท้จริงความสามารถประการที่สองในการขับภาระนั้นคือ ทอร์คและทอร์คกำลังนั้นเกี่ยวข้องกัน

สูตรหาและกำลังของมอเตอร์

$$T = (9.55 \times P)/rpm \tag{23}$$

เราสามารถแปลงจากแรงบิดมาเป็นน้ำหนักที่มอเตอร์สามารถฉุดได้จากสูตร

$$F= (torque/9.8) \times r \tag{24}$$

r = รัศมีของ พูลเลย์ หรือ เฟืองที่สวมที่เพลา motor หน่วย เมตร

2.12 ทฤษฎีเกี่ยวกับฮีตเตอร์ (Heater)

หลักการของฮีตเตอร์เป็นอุปกรณ์ทำความร้อนในอุตสาหกรรมที่มีหลักการพื้นฐานคือเมื่อมีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำที่มี ค่าความต้านสูงลวดตัวนำจะร้อน ดังนั้นลวดที่จะนำมาผลิตฮีตเตอร์จะต้องมีคุณสมบัติเหนียวและทนความร้อนได้สูงในปัจจุบัน ฮีตเตอร์มีหลายชนิดให้เลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานดังนี้

รูปที่ 2.10 ลักษณะของขดลวดฮีตเตอร์ (Heater) [10]

รูปที่ 2.11 ขดลวดฮีตเตอร์แบบจุ่ม(Immersion Heater) [10]

2.12.1 ฮีตเตอร์แบบจุ่ม (Immersion Heater) หรือ บางทีเรียกว่า ฮีตเตอร์ต้มน้ำ

ใช้ให้ความร้อนกับของเหลวทุกชนิด สามารถทำความร้อนได้ตั้งแต่ 1000–4000 วัตต์ (watt) ใช้สำหรับต้มน้ำและน้ำมัน งานผสมสารทำจาก Tubular Heater ที่ดัดเป็นรูปตัว ยู และเชื่อมติดกับเกลียว ซึ่งมีขนาดเกลียวตั้งแต่ 1" (นิ้ว) ไปจนถึงขนาด 2" (นิ้ว) ขนาดเกลียวขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นของฮีตเตอร์ ซึ่งมีตั้งแต่ 1U ถึง 6U ตามความเหมาะสมของกำลังวัตต์ และความยาวของตัวฮีตเตอร์ การติดตั้งสามารถทำได้โดยเชื่อมเกลียวตัวเมียติดกับถังแล้วใส่ฮีตเตอร์แบบเกลียวเข้าไป

โดยขดลวดขนานกับพื้นถัง ควรระวังไม่ให้ส่วนของฮีตเตอร์โผล่พ้นของเหลวเนื่องจากจะทำให้ส่วนที่อยู่เหนือของเหลวร้อนจัดเกินไป ทำให้อายุการใช้งานสั้น

2.12.2 การคำนวณอัตราการนำความร้อนและพาความร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้า

$$\mathbf{Qs} = W^{\circ}\mathbf{C}\rho^{\circ}\Delta T \qquad (25)$$

เมื่อ Qs คือ ปริมาณความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิในกระบวนการ (กิโลวัตต์ชั่วโมง)

W คือ น้ำหนักของน้ำมัน (กิโลกรัม)

$C\rho$ คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของเหลว (กิโลจูล/กิโลกรัม.องศาเซลเซียส)

ΔT คือ ผลต่างอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิสุดท้าย – อุณหภูมิเริ่มต้น (องศา - เซลเซียส)

2.12.3 การคิดอัตราสิ้นเปลืองค่าใช้ไฟฟ้า

ก่อนที่เราจะทราบอัตราค่าไฟฟ้านั้น เราควรจะทราบว่า เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆ ใช้ไฟฟ้าหรือกินไฟเท่าไหร่เสียก่อน โดยสังเกตคู่มือการใช้งานหรือแถบป้ายที่ติดอยู่กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เขียนว่า กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) ถ้าเครื่องใช้ไฟฟ้ามีจำนวนวัตต์มาก ก็กินไฟมากตามไปด้วย ดังนั้นสามารถคำนวณดูจากเครื่องใช้ไฟฟ้าว่ามีเครื่องใช้ไฟฟ้ากี่ชนิดแต่ละชนิดกินไฟกี่วัตต์และเปิดใช้งานประมาณเดือนละกี่ชั่วโมง หลังจากนั้นก็นำมาคิดคำนวณจะทราบว่าในแต่ละเดือนใช้ไฟฟ้าไปประมาณกี่หน่วย

สำหรับการใช้ไฟฟ้า 1 หน่วย หรือ 1 ยูนิต คือ เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาด 1,000 วัตต์ที่ใช้งานใน 1 ชั่วโมง หรือใช้สูตรการคำนวณดังนี้ [17]

(กำลังไฟฟ้า (วัตต์) × จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า) ÷ (1000 × จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานใน 1 วัน = จำนวนหน่วย หรือ ยูนิต)

สูตรหากำลังไฟฟ้า $P = (2\pi TN)$ (26)

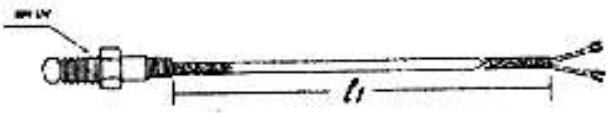
T = ทอร์คมอเตอร์

N = จำนวนรอบ/นาที

2.13 ทฤษฎีเกี่ยวกับเทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple)

เทอร์โมคัปเปิ้ล เป็นอุปกรณ์ที่แปลงผลต่างของอุณหภูมิเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยปกติเทอร์โมคัปเปิ้ลทำมาจากขดลวดโลหะที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ต่อกันในลักษณะจุดต่อ (Junction) หนึ่งอยู่ในอุณหภูมิอ้างอิงและอีกจุดหนึ่งทำหน้าที่เป็นตัวตรวจรู้อุณหภูมิ เมื่อปลายจุดต่อทั้งสองมีอุณหภูมิต่างกันก็เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นโดยแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลต่าง

ของอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อเทอร์โมคัปเปิ้ลมีหลายแบบให้เลือก แล้วแต่ย่านอุณหภูมิและลักษณะการใช้งาน โดยความแตกต่างของแต่ละแบบนี้เกิดจากการเลือกใช้คู่ของวัสดุ (Element) ของโลหะ ที่จะนำมาเชื่อมเข้าด้วยกันให้แตกต่างกัน เพราะโลหะแต่ละชนิดย่อมมีคุณสมบัติพิเศษเฉพาะตัวของมันอยู่แล้ว เมื่อนำโลหะต่างชนิดกันมาจับคู่เชื่อมเข้าด้วยกัน จะทำให้คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิ้ลที่แตกต่างกันไป



รูปที่ 2.12 อุปกรณ์เทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple) [11]

2.14 สรุป

เนื้อหาของบทที่ 2 กล่าวถึงหลักทางวิชาการต่างๆที่เกี่ยวข้องที่ทางกลุ่มได้ทำการศึกษาและจะได้นำมาประยุกต์ใช้ในการทำงานเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องทอดขนมโดนัทที่ควบคุมด้วยอุปกรณ์ PLC อีกทั้งข้อมูลและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ทางกลุ่มได้ทำการศึกษาค้นคว้าจากหลายตำราและการสำรวจสภาวะการทำงานจริงเพื่อมาเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างสำหรับขั้นตอนและรายละเอียดของการเลือกใช้ขนาดของอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆ อีกทั้งขั้นตอนการจัดสร้างจะได้กล่าวใน บทที่ 3 ต่อไป