

การออกแบบสร้างเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังอัตโนมัติ

DESIGN OF AUTOMATIC CASSAVA CUTTING MACHINE

ปณต ศรีภักดิ์*¹

Panot Sripakarach*¹

**1สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี*

**1Faculty of Engineering, Electrical Engineering, Thonburi University*

**E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): mintandmos60@gmail.com*

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการออกแบบสร้างเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังอัตโนมัติ แบบตัดขวางในแนวระนาบ เพื่อลดระยะเวลาการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานคน และลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลัง โดยใช้บอร์ดควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด Arduino Mega 2560 ควบคุมระบบการทำงานของเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังอัตโนมัติ สามารถปรับเปลี่ยนระบบการทำงานได้ 2 ระบบคือ ระบบการทำงานแบบอัตโนมัติและระบบการทำงานแบบป้อนคำสั่งควบคุมด้วยมือ สามารถลำเลียงต้นพันธุ์ผ่านระบบสายพานลำเลียงได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีจำนวนครั้งละไม่เกิน 20 ต้น และสามารถปรับตั้งค่าขนาดความยาวของท่อนพันธุ์มันสำปะหลังได้สูงสุดไม่เกิน 100 เซนติเมตร ซึ่งจากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังอัตโนมัติที่ออกแบบสร้าง เปรียบเทียบกับการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่มีอยู่เดิมด้วยมีดสับจากแรงงานคนพบว่าเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังอัตโนมัติ สามารถเพิ่มจำนวนการตัดท่อนพันธุ์ได้ถึง 1,631 ท่อนต่อชั่วโมง หรือเป็นจำนวนทั้งสิ้น 2,965 ท่อนต่อชั่วโมง (ขนาดบวกลบไม่เกิน 0.5 เซนติเมตร) อีกทั้งยังสามารถลดค่าใช้จ่ายหรือลดต้นทุนการตัดท่อนพันธุ์ได้ถึง 0.018 บาทต่อท่อน จากเดิมอยู่ที่ 0.033 บาทต่อท่อน ซึ่งการตัดท่อนพันธุ์ด้วยเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังอัตโนมัติ มีค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนอยู่ที่ 0.015 บาทต่อท่อน และเมื่อวิเคราะห์เป็นจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังอัตโนมัติพบว่า มีจุดคุ้มทุนที่ต้นทุนรวมอยู่ที่ 60,197 บาท จากต้นทุนคงที่ 33,000 บาท ที่จำนวนท่อนพันธุ์ 1,847,431 ท่อน ด้วยระยะเวลา 613 ชั่วโมง หรือประมาณ 2-3 เดือน (กรณีใช้งานเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังอัตโนมัติตลอด 8 ชั่วโมงต่อวัน)

คำสำคัญ: เครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง, ต้นมันสำปะหลัง, ไมโครคอนโทรลเลอร์, พืชสร้างเศรษฐกิจ

Abstract

This article presents a method for designing an automatic cassava-cutting machine with a horizontal cross-section. To reduce the cutting time of cassava varieties, the problem of labor shortages, and the cost of cassava production, Using an Arduino Mega 2560 microcontroller board to control the operation of the Automatic Cassava-Cutting Machine, the human can change the operating system into 2 systems: an automatic system and a manual system. Able to continuously transport cassava trees through the conveyor system, no more than 20 trees at a time, and can adjust the size and length of the cassava tree to a maximum of 100 centimeters. Efficiency testing of the automatic cassava-cutting machine compared to cutting with a manual chop knife found that the automatic cassava-cutting machine can increase the number of cuttings up to 1,631 logs per hour, or a total of 2,965 logs per hour (plus-minus size no more than 0.5 cm). It can also reduce the cost of cutting cassava varieties up to 0.018 baht per log from the original 0.033 baht per log, which the automatic cassava-cutting machine costs at 0.015 baht per log. When analyzing the break-even point of using the automatic cassava-cutting machine, it was found that the break-even point was at the total cost of 60,197 baht from the fixed cost of 33,000 baht at the number of cassava cultivars of 1,847,431 logs with a duration of 613 hours, or approximately 2-3 months (in the case of using the automatic cassava-cutting machine, 8 hours per day).

Keywords: Automatic Cassava-Cutting Machine, Cassava, Microcontroller, Economic Crops

1. บทนำ

ในปัจจุบัน ผลผลิตมันสำปะหลังของโลก ได้ขยายตัวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 0.44 ต่อปี เนื่องจากประเทศผู้ผลิตสำคัญได้ขยายการผลิตเพิ่มขึ้น เพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหารและพลังงาน อีกทั้งยังส่งเสริมความเป็นอยู่ของเกษตรกรให้ดีขึ้น ทั้งนี้ผลผลิตมันสำปะหลังทั้งหมดของโลกในปัจจุบัน อยู่ในทวีปแอฟริการ้อยละ 60.95 รองลงมาคือเอเชีย มีผลผลิตร้อยละ 29.37 และภูมิภาคอื่นๆ อีกร้อยละ 9.68 โดยมีประเทศผู้ผลิตมันสำปะหลังที่สำคัญของโลก ได้แก่ อันดับแรก ประเทศไนจีเรีย มีผลผลิตร้อยละ 20.37 อันดับที่สอง ประเทศคองโก มีผลผลิตร้อยละ 10.82 อันดับที่ 3 ประเทศไทย มีผลผลิตร้อยละ 10.45 อันดับที่ 4 ประเทศอินโดนีเซีย มีผลผลิตร้อยละ 6.52 และอันดับที่ 5 ประเทศบราซิล มีผลผลิตร้อยละ 6.47 [1]

มันสำปะหลัง เป็นพืชสร้างเศรษฐกิจลำดับต้นๆ ของประเทศไทย ที่มีความสำคัญต่อภาคอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และอุตสาหกรรมอื่นๆ อีกทั้งยังเป็นพืชพลังงานที่เหมาะสมที่สุดในการทำเอทานอล (Ethanol) ซึ่งเป็นส่วนผสมในการทำน้ำมันแก๊สโซฮอล์ (Gasohol) สามารถลดการนำเข้าของสาร MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) ที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ มันสำปะหลังยังใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล (Biodiesel) ซึ่งเป็นพลังงานทางเลือก ที่สามารถทดแทนน้ำมันดีเซล (Diesel) [2]

การปลูกมันสำปะหลังที่ดีและมีคุณภาพนั้น ขึ้นอยู่กับการจัดการ การดูแลรักษา และสภาพพื้นที่เพาะปลูกในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย โดยเริ่มตั้งแต่การเตรียมดิน การปรับปรุงดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ วิธีการ

ปลูก การกำจัดวัชพืช การให้ปุ๋ย การใช้ระบบการปลูกพืช การให้น้ำ การเก็บเกี่ยว และการป้องกันกำจัดโรคและแมลง [3] ซึ่งในขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ และการปลูก เป็นขั้นตอนที่ต้องใช้เวลาและแรงงานเป็นจำนวนมาก และมีสัดส่วนร้อยละ 7 ของต้นทุนการปลูกมันสำปะหลังทั้งหมด [4]

การเตรียมท่อนพันธุ์สำหรับนำไปปลูกมันสำปะหลัง ส่วนใหญ่ยังใช้แรงงานคนเป็นหลัก โดยเกษตรกรจะทำการตัดท่อนพันธุ์เป็นท่อนๆ ยาว 20-30 เซนติเมตร 5-7 ตาต่อท่อนพันธุ์ ด้วยอุปกรณ์การตัด เช่น มีด ขวาน เลื่อย เป็นต้น ซึ่งวิธีนี้ หากมีพื้นที่การปลูกมันสำปะหลังมาก ก็จำเป็นต้องใช้เวลาและแรงงานเป็นจำนวนมาก อีกทั้งท่อนพันธุ์ที่ได้บางส่วน อาจมีการแตกเสียหาย ที่เกิดจากความไม่คมของอุปกรณ์การตัด [3], [5] ด้วยเหตุนี้ จึงมีการพัฒนาเครื่องมือในการตัดเตรียมท่อนพันธุ์ ทั้งแบบเครื่องมือที่ไม่ใช่สำหรับการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังโดยตรง และเครื่องมือที่สร้างและออกแบบมาสำหรับการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังโดยเฉพาะ [4] ตัวอย่างเช่น ในปี พ.ศ. 2551 มีการพัฒนาเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังโดยเฉพาะ ด้วยเลื่อยวงเดือน ขนาดมอเตอร์ 1 แรงม้า ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้า สามารถตัดท่อนพันธุ์ได้ 2 ขนาด ผลการทดสอบพบว่าที่ขนาดความยาว 20 เซนติเมตร ตัดได้ 4,424 ท่อนต่อชั่วโมง ความเสียหาย 8.5% และที่ขนาดความยาว 25 เซนติเมตร ตัดได้ 3,321 ท่อนต่อชั่วโมง ความเสียหาย 4.8% ซึ่งมีระยะเวลาต้นทุนอยู่ที่ 1 ปีต่อ 2,400 ชั่วโมง และจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 272 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับการตัดด้วยแรงงานคน [5] ต่อมาในปี พ.ศ. 2556 มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังโดยเฉพาะอีกเครื่อง ตัดด้วยเลื่อยวงเดือน ขนาดมอเตอร์ 1 แรงม้า ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าเช่นกัน สามารถปรับตั้งความยาวได้ตั้งแต่ 25-30 เซนติเมตร เป็นแบบตัดขวาง ผลการทดสอบพบว่า สามารถตัดท่อนพันธุ์ได้ 3,339 ท่อนต่อชั่วโมง ความเสียหายน้อยกว่า 3% รอยตัดเรียบ และมีความยาวท่อนสม่ำเสมอ ใช้แรงงานเพียง 1 คน จากปกติ 2-3 คน [4] ทั้งนี้ ในปี พ.ศ. 2559 กลุ่มวิจัยและพัฒนานวัตกรรมอาชีวศึกษา ร่วมกับคณะกรรมการจัดการนวัตกรรมการอาชีวศึกษา ได้จัดโครงการสิ่งประดิษฐ์คนรุ่นใหม่ โดยมีเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังโดยเฉพาะ ที่เข้าร่วมอยู่ด้วยกัน 2 เครื่อง เป็นระบบไฟฟ้า จากผลการทดสอบของทั้ง 2 เครื่องพบว่า สามารถตัดท่อนพันธุ์ที่ขนาดความยาวท่อนละ 1 เมตร ได้ 600 ท่อนต่อชั่วโมง [6] และสามารถตัดท่อนพันธุ์ที่ขนาดความยาว 20-30 เซนติเมตร ได้ 5,400 ท่อนต่อชั่วโมง [7] อย่างไรก็ตามเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังโดยเฉพาะทั้งหมดนี้ เป็นแบบควบคุมด้วยมือแรงงาน หรือเรียกว่า “ระบบ Manual” ซึ่งมีความแตกต่างกันที่ ลักษณะของตัวเครื่อง รูปแบบการตัด ขนาดความยาวของท่อนพันธุ์ ความเร็วของการตัด ค่าความเสียหาย จำนวนแรงงาน และจุดคุ้มทุน

ดังนั้น ในบทความนี้จะกล่าวถึงวิธีการออกแบบพัฒนาและคำนวณสร้างเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังอัตโนมัติ แบบตัดขวางในแนวระนาบ สามารถปรับเปลี่ยนระบบการทำงานได้ 2 ระบบ คือ ระบบ Automatic และระบบ Manual สามารถลำเลียงต้นพันธุ์ได้อย่างต่อเนื่องผ่านระบบสายพานลำเลียง และสามารถปรับตั้งค่าขนาดความยาวของท่อนพันธุ์มันสำปะหลังได้ตามขนาดที่ต้องการ เพื่อลดระยะเวลาการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานคน และลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลัง โดยการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นตัวควบคุมระบบการทำงานอัตโนมัติของเครื่องทั้งหมดด้วยบอร์ดชนิด Arduino Mega 2560 ซึ่งเป็นบอร์ดควบคุมที่มีการใช้งานหรือนำมาประยุกต์ใช้สำหรับสร้างนวัตกรรมกันอย่างแพร่หลายในหลายๆ ด้าน รวมไปถึงนวัตกรรมทางด้านการเกษตร เช่น ในปี พ.ศ. 2561 เกษตรกรในประเทศฟิลิปปินส์ก็ได้มีการนำเอา Arduino Mega 2560 มาประยุกต์ใช้ร่วมกับ GPS Module เพื่อปรับปรุงพัฒนารถแทรกเตอร์ให้สามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้อย่างอัตโนมัติ [8] มีนักวิจัยจากประเทศสิงคโปร์พัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเพาะปลูกพืชขนาดเล็กถึงกลาง สามารถพรวนดิน ปลูก และรดน้ำได้อย่างอัตโนมัติ ในพื้นที่การทำงานที่ไม่เกิน 0.25 เอเคอร์ [9] ในปี

พ.ศ. 2563 นักวิจัยชาวเอควาดอร์พัฒนาการเพาะปลูกผักกาดหอมแบบ Aeroponic สามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และเวลาในการให้น้ำ รวมไปถึงการแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในระยะไกลได้ [10] และในปี พ.ศ. 2565 นักวิจัยจากประเทศอินเดียพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับการขุดดิน หว่านเมล็ด ให้น้ำ และฉีดพ่น ยากำจัดวัชพืชแบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถกำหนดระยะห่างระหว่างเมล็ด ทิศทาง และจำนวนเมล็ดที่จะปลูกลงในหลุม ผ่าน application ของระบบปฏิบัติการ Android บน Smart phone ได้ [11] เป็นต้น

2. เนื้อหา

ในการออกแบบพัฒนาและคำนวณสร้างเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังอัตโนมัติ แบบตัดขวางในแนวระนาบ มีลำดับขั้นตอนและวิธีการออกแบบสร้าง ดังนี้

2.1 ศึกษาขั้นตอนการจัดเตรียมท่อนพันธุ์

การจัดเตรียมท่อนพันธุ์ที่ดีให้มีประสิทธิภาพ ควรเริ่มตั้งแต่การเก็บรักษาต้นพันธุ์ โดยหลังจากการเก็บเกี่ยวต้นพันธุ์ให้ทำการมัดต้นพันธุ์รวมกันเป็นพ่อนวางกองไว้ใต้ร่มไม้ ให้มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก และทำการฝังโคนต้นพันธุ์ไว้ในดิน ซึ่งต้นพันธุ์ที่ใช้ควรมีอายุระหว่าง 8-16 เดือน ไม่ควรแก่หรืออ่อนจนเกินไป เนื่องจากส่วนที่อ่อน จะไม่ทนทานต่อโรค แมลง และความแห้งที่จะเกิดขึ้น สำหรับส่วนที่แก่จนเกินไป จะมีธาตุอาหารน้อย ซึ่งทำให้รากของต้นพันธุ์งอกออกมาได้ไม่ดี

หลังจากการเตรียมต้นพันธุ์ ในส่วนถัดไปจะเป็นการตัดเตรียมท่อนพันธุ์ โดยการตัดต้นพันธุ์ให้เป็นท่อนๆ ให้ได้ขนาดความยาวระหว่าง 20-30 เซนติเมตรต่อท่อน และมีจำนวนตาอยู่ระหว่าง 5-7 ตา ซึ่งการตัดเตรียมท่อนพันธุ์ควรทำหลังจากการเตรียมดินเรียบร้อยแล้ว โดยการใช้เครื่องมือที่มีความคมในการตัด เช่น เลื่อย มีด หรือเครื่องตัดที่มีความเร็วรอบและแรงบิดสูง เพื่อให้ผิวหน้าตัดของท่อนพันธุ์มีความเรียบ ไม่แตกเสียหาย ซึ่งจะช่วยให้รากงอกสม่ำเสมอและมีผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ และหากท่อนพันธุ์มีลำต้นงอกก่อนการปลูกรวมไปถึงความชื้นในดินที่พอเหมาะ จะทำให้ต้นพันธุ์มีอัตราการอยู่รอดสูง เติบโตเร็ว และมีผลผลิตสูงมากขึ้น [3]

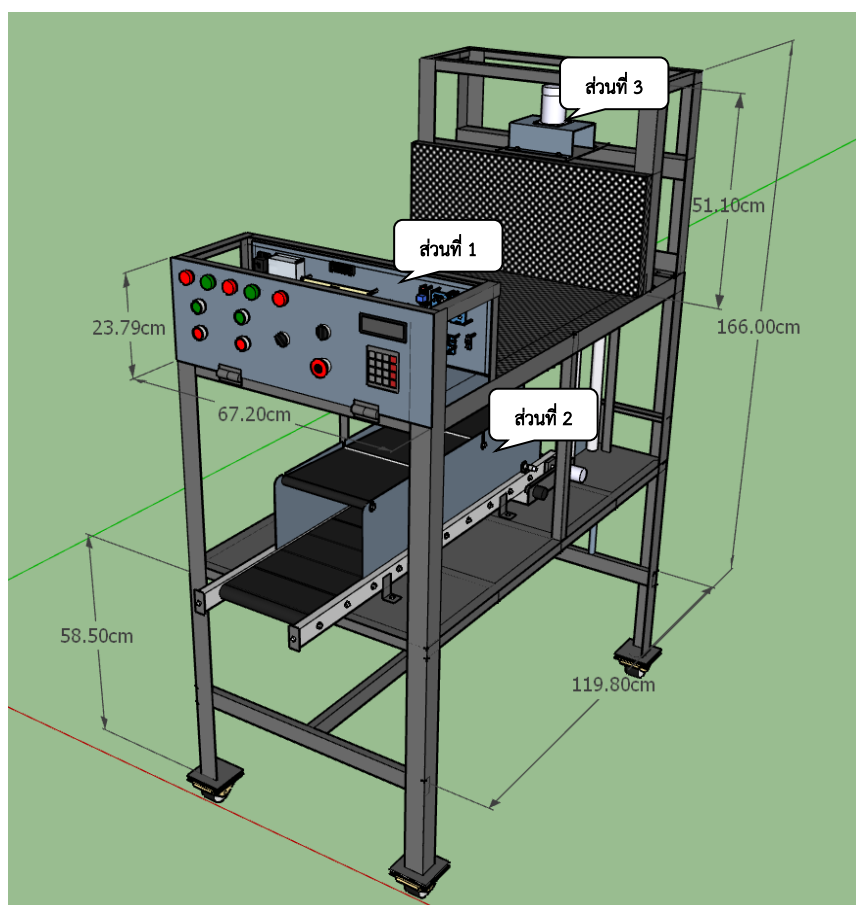
2.2 ออกแบบและคำนวณสร้างเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังอัตโนมัติ

ในส่วนนี้เป็นการออกแบบและคำนวณสร้างเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังอัตโนมัติ แบบตัดขวางในแนวระนาบ เพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานให้สามารถจัดเตรียมท่อนพันธุ์ที่ดี และมีประสิทธิภาพต่อชาวไร่มันสำปะหลัง โดยมีรายละเอียด และขั้นตอนการดำเนินงานออกแบบและคำนวณ ดังนี้

2.2.1 การออกแบบโครงสร้างเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังอัตโนมัติ

ในการออกแบบโครงสร้างเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังอัตโนมัติ จะต้องคำนึงถึงลักษณะของต้นพันธุ์หลังเก็บเกี่ยวที่ตัดกิ่งและใบเรียบร้อยแล้ว เพื่อออกแบบในส่วนของระบบสายพานลำเลียงต้นพันธุ์ ที่มีลักษณะเป็นไม้เนื้อแข็ง ลำต้นตั้งตรง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 2-6 ซม. มีตุ่มตาตลอดลำต้น และมีความยาวไม่ต่ำกว่า 1 เมตร ขึ้นอยู่กับอายุและพันธุ์ของต้นมันสำปะหลัง [12] จากนั้นจะคำนึงถึงตำแหน่งการติดตั้งของวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้สะดวกและปลอดภัย เช่น ระดับความสูงของแท่นลำเลียงต้นพันธุ์ การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ควบคุม หน้าจอแสดงผล ไฟแสดงสถานะ และการป้องกันเศษชิ้นส่วนกระเด็นที่จะ

เกิดขึ้นจากการตัดท่อนพันธู์ เป็นต้น ดังนั้นเครื่องตัดท่อนพันธู์มันสำปะหลังอัตโนมัติในบทความนี้ สามารถออกแบบเป็นลักษณะโครงสร้างได้ ดังภาพที่ 1



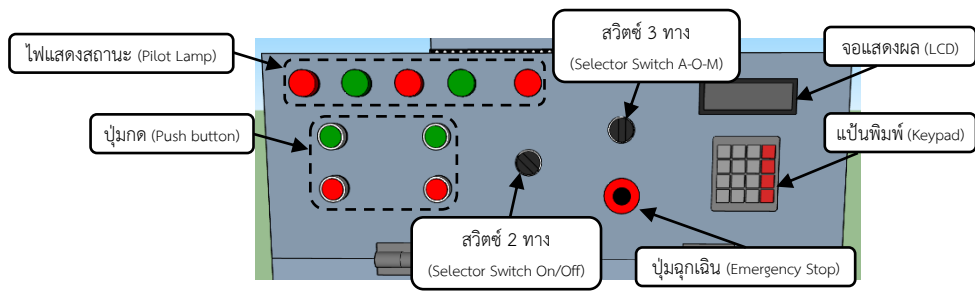
ภาพที่ 1 แบบโครงสร้างเครื่องตัดท่อนพันธู์มันสำปะหลังอัตโนมัติ

จากภาพที่ 1 เป็นแบบโครงสร้างเครื่องตัดท่อนพันธู์มันสำปะหลังอัตโนมัติ ที่มีขนาดความกว้าง 67.2 เซนติเมตร ความยาว 119.8 เซนติเมตร และความสูง 166 เซนติเมตร ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้

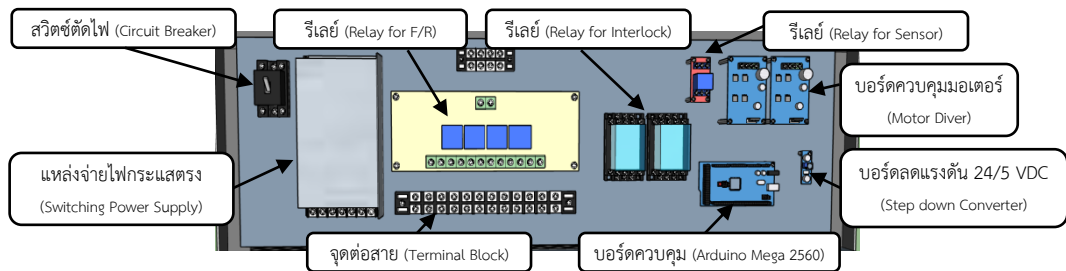
ส่วนที่ 1 ชุดควบคุมการทำงานหรือตู้ควบคุม (Control Cabinet) เป็นส่วนที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับควบคุมการทำงาน ทั้งระบบ Automatic และระบบ Manual รวมไปถึงการควบคุม การแสดงผล และการแสดงสถานะการทำงาน โดยมีลักษณะการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ดังภาพที่ 2 และ 3

ส่วนที่ 2 ชุดสายพานลำเลียง (Belt Conveyor) เป็นส่วนที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับการเคลื่อนที่ของสายพานลำเลียง และการความยาวหรือระยะการตัดของท่อนพันธู์ รวมไปถึงการตรวจจับวัตถุ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวัดระยะตัด โดยมีลักษณะการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ดังภาพที่ 4

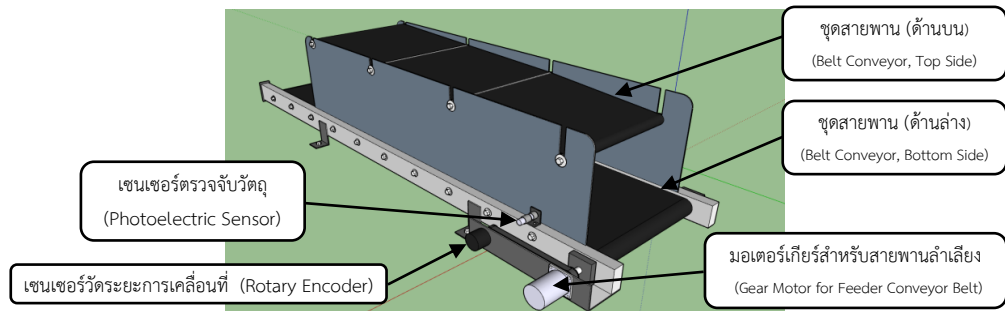
ส่วนที่ 3 ชุดใบตัด (Cutting) เป็นส่วนที่มีการติดตั้งชุดใบเลื่อยวงเดือน และชุดอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับการเคลื่อนที่ ขึ้น-ลง และการหมุนของใบตัด รวมไปถึงการตรวจวัดระดับ สูงสุด-ต่ำสุด ของใบตัด โดยมีลักษณะการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ดังภาพที่ 5



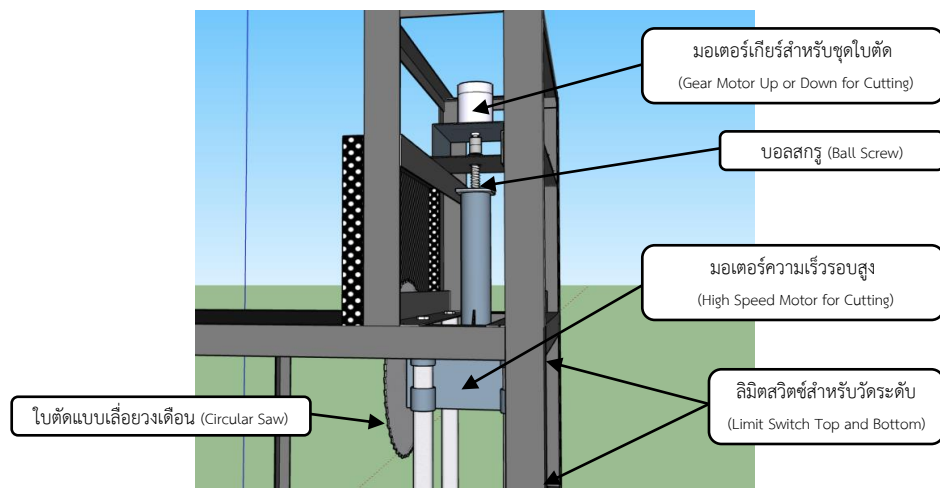
ภาพที่ 2 ชุดควบคุมการทำงาน (ด้านหน้าตู้)



ภาพที่ 3 ชุดควบคุมการทำงาน (ด้านในตู้)



ภาพที่ 4 ชุดสายพานลำเลียง (Belt Conveyor)



ภาพที่ 5 ชุดใบตัด (Cutting)

เมื่อทำการออกแบบลักษณะโครงสร้าง และการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องตัดท่อน้ำมันสำหรับหลังอัตโนมัติเรียบร้อย ในขั้นตอนถัดไปเป็นการออกแบบโครงสร้างหรือระบบการทำงาน เพื่อดึงความสามารถของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งในตำแหน่งต่างๆ ให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด

2.2.2 การออกแบบโครงสร้างการทำงาน

จากการออกแบบโครงสร้างเครื่องตัดท่อน้ำมันสำหรับหลังอัตโนมัติ เป็นแบบโครงสร้างที่ต้องการให้ตัวเครื่องตัดฯ สามารถตัดต้นพันธุ์ให้เป็นท่อนๆ สามารถควบคุมจำนวนและความยาวของท่อนน้ำมันได้ตามที่ต้องการได้อย่างอัตโนมัติ ทั้งนี้ ระบบการทำงานของเครื่องตัดฯ ยังคงจำเป็นต้องมีระบบ Manual เพื่อใช้ในกรณีที่ระบบอัตโนมัติ (Automatic) เกิดการขัดข้อง ดังนั้น การออกแบบโครงสร้างการทำงานให้สัมพันธ์กับโครงสร้างของเครื่องตัดฯ สามารถออกแบบได้โดยการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความเหมาะสมต่อลักษณะงานและให้สามารถครอบคลุมการทำงานได้ทั้ง 2 ระบบ ดังนี้

1) ระบบ Automatic (Automatic System)

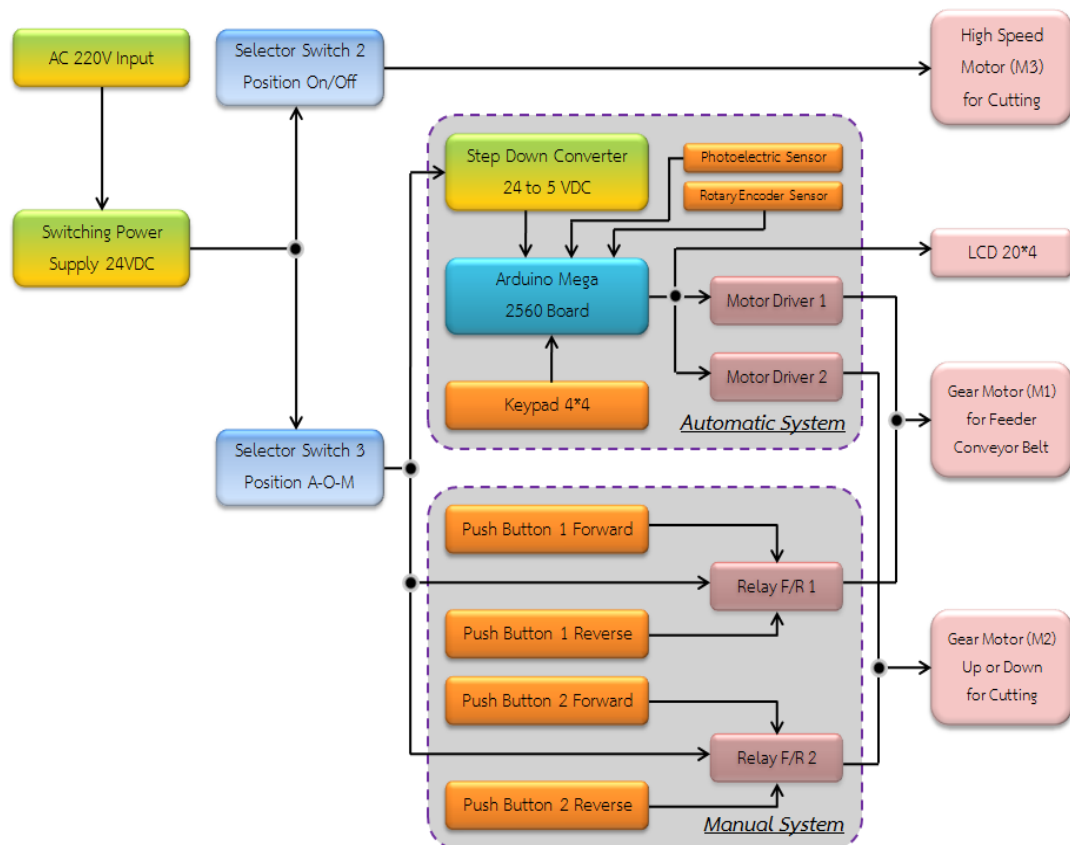
เป็นการออกแบบให้เครื่องตัดฯ สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ เช่น การตัดต้นพันธุ์ให้เป็นท่อนๆ ตามจำนวนและขนาดความยาวที่ต้องการ โดยไม่จำเป็นต้องคอยควบคุมหรือสั่งการเครื่องอยู่ตลอดเวลา ผู้ใช้มีหน้าที่ป้อนขนาดความยาวที่ต้องการก่อนเริ่มเดินเครื่อง และมีหน้าที่เติมต้นพันธุ์ใส่ลงในเครื่องเท่านั้น ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบ Automatic สามารถออกแบบได้โดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น Arduino Mega 2560 เป็นตัวกลางในการประมวลผลของระบบ เนื่องจากมีราคาถูก ใช้งานง่าย และใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้ง Input และ Output ได้หลากหลาย อีกทั้งยังสามารถสั่งการขับเคลื่อน Gear Motor จำนวน 2 ชุดเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของสายพานลำเลียง (เดินหน้า-ถอยหลัง) และการเคลื่อนที่ของใบตัด (ขึ้น-ลง) ผ่าน Motor Driver รุ่น Cytron MD10C อย่างไรก็ดี เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ และมีความเสถียรภาพของระบบ จึงจำเป็นต้องมีการใช้งาน Sensor ต่างๆ เช่น การรักษาระดับการ ขึ้น-ลง ของใบตัดด้วย limit Switch การตรวจวัดระยะการเคลื่อนที่ด้วย Encoder Sensor และการตรวจจับวัตถุในระบบสายพานด้วย Photoelectric Sensor นอกจากนี้ยังมีการใช้งานจอแสดงผล LCD เพื่อใช้สำหรับแสดงสถานะการทำงานของเครื่องเป็นตัวอักษรและตัวเลข อีกทั้งยังมีการใช้งาน Keypad เพื่อป้อนข้อมูลสำหรับการตั้งค่า หรือเปลี่ยนรูปแบบฟังก์ชันการทำงานตามความต้องการของผู้ใช้

2) ระบบ Manual (Manual System)

เป็นระบบที่ออกแบบมาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถควบคุมหรือสั่งการเครื่องได้ด้วยตัวเอง ในกรณีที่ไม่ต้องใช้งานระบบ Automatic ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบ Manual สามารถออกแบบได้ โดยการใช้ Push Button Switch เป็นปุ่มกดสำหรับสั่งการขับเคลื่อน Gear Motor เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของสายพานลำเลียง (เดินหน้า-ถอยหลัง) และการเคลื่อนที่ของใบตัด (ขึ้น-ลง) โดยการต่อวงจรแบบ DC Motor Forward/Reverse Control ผ่านชุด Relay F/R ที่เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในระบบ

ทั้งนี้ การปรับเปลี่ยนระบบการทำงานระหว่างระบบ Automatic กับระบบ Manual นั้น จำเป็นที่จะต้องมีการใช้ Selector Switch 3 Position เป็นสวิตช์สำหรับสลับระบบการทำงาน โดยการต่อวงจรแบบ Interlock ร่วมกับ Relay เพื่อป้องกันการทำงานพร้อมกันของทั้ง 2 ระบบ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการลัดวงจรได้

อย่างไรก็ตาม การออกแบบเป็นโครงสร้างการทำงานของเครื่องตัดท่อนพันธู้น้ำมันสำหรับหลังอัตโนมัติ สามารถทำเป็นรูปแบบ Block Diagram ได้ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แบบโครงสร้างการทำงานของเครื่องตัดท่อนพันธู้น้ำมันสำหรับหลังอัตโนมัติ

จากภาพที่ 6 จะเห็นได้ว่า ในโครงสร้างการทำงานของเครื่องตัดท่อนพันธู้น้ำมันสำหรับหลังอัตโนมัติที่ออกแบบ มีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่หลากหลาย ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิด จำเป็นต้องมีการคำนวณหาขนาดที่เหมาะสมกับลักษณะงาน เพื่อให้อุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถใช้งานได้เต็มที่ประสิทธิภาพ และเพื่อลดต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการสร้าง อันเนื่องมาจากการเลือกใช้ขนาดผิดพลาดหรือเกินความจำเป็น ดังนั้น ในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ไฟฟ้า สำหรับการสร้างเครื่องตัดท่อนพันธู้น้ำมันสำหรับหลังอัตโนมัติ

2.2.3 การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ และขนาดของบอร์ดควบคุมมอเตอร์

1) การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ โดยมีการใช้งานมอเตอร์อยู่ด้วยกันทั้งหมด 3 ตัว ดังนี้

1.1) มอเตอร์ใบตัดหรือใบเลื่อยวงเดือน (High Speed Motor for Cutting: M3) ใช้สำหรับตัดต้นพันธู้ให้เป็นท่อนๆ โดยที่พื้นผิวของรอยตัด ต้องเรียบเนียนและไม่เป็นรอยแตก โดยการใช้มอเตอร์ความเร็วรอบสูงและมีแรงบิดที่เหมาะสม จากการอ้างอิงขนาดของเครื่องตัดท่อนไม้ด้วยใบเลื่อยวงเดือนทั่วไปที่มีขายตามท้องตลาด ส่วนใหญ่มีขนาดความเร็วรอบ (Speed motor: N_r (rpm)) ไม่ต่ำกว่า 4,000 รอบต่อนาที และมีแรงบิด (Torque Motor: T_M (Nm)) อยู่ที่ 0.2 นิวตันเมตรขึ้นไป หรือขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้า (Power Motor: P_M (W)) มากกว่า 100 วัตต์ [13] ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 ดังนี้

$$T_{M(M3)} = \frac{60 \times P_{M(M3)}}{2\pi \times N_{R(M3)}} \quad (1)$$

1.2) มอเตอร์เกียร์สำหรับการเคลื่อนที่ ขึ้น-ลง ของชุดใบตัด (Gear Motor for Cutting: M2) คำนวณได้จากแรงบิดรอบแกนหมุนของมอเตอร์ (Torque Motor: $T_{M(M2)}$ (Nm)) ที่ติดกับชุดบอลสกรูขนาดครึ่งรอบ แกนหมุน (Ball Screw Radius: $r_{(M2)}$ (m)) 5 มิลลิเมตร อัตราความเร่งการเคลื่อนที่ (acceleration: $a_{(M2)}$ (m/s^2)) คิดที่ 20 เมตรต่อวินาที² และมีน้ำหนักโดยรวมของชุดใบตัด (mass: $m_{(M2)}$ (kg)) อยู่ที่ 7.5 กิโลกรัม ซึ่งสามารถ คำนวณได้จากสมการที่ 2 ดังนี้

$$T_{M(M2, M1)} = m_{(M2, M1)} \times a_{(M2, M1)} \times r_{(M2, M1)} \quad (2)$$

เมื่อได้ค่าแรงบิดรอบแกนหมุนของมอเตอร์เกียร์สำหรับการเคลื่อนที่ ขึ้น-ลง ของชุดใบตัด (M2) ในส่วนถัดไป เป็นการคำนวณหาขนาดพิกัดกำลังของมอเตอร์ (Power Motor: $P_{M(M2)}$ (W)) โดยคิดที่ความเร็ว รอบใช้งานของมอเตอร์เกียร์ (Speed motor: $N_{R(M2)}$ (rpm)) อยู่ที่ 500 รอบต่อนาที ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก สมการที่ 3 ดังนี้

$$P_{M(M2, M1)} = \frac{2\pi T_{M(M2, M1)} N_{R(M2, M1)}}{60} \quad (3)$$

1.3) มอเตอร์เกียร์สำหรับการเคลื่อนที่ เดินหน้า-ถอยหลัง ของสายพานลำเลียง (Gear Motor for Feeder Conveyor Belt: M1) คำนวณได้จากแรงบิดรอบแกนหมุนของมอเตอร์ (Torque Motor: $T_{M(M1)}$ (Nm)) ที่ ติดกับชุดบอลสกรูขนาดครึ่งรอบแกนหมุน (Ball Screw Radius: $r_{(M1)}$ (m)) 5 มิลลิเมตร และอัตราความเร่งการ เคลื่อนที่ (acceleration: $a_{(M1)}$ (m/s^2)) คิดที่ 20 เมตรต่อวินาที² (เท่ากับชุดมอเตอร์เกียร์สำหรับการเคลื่อนที่ ขึ้น-ลง) ส่วนน้ำหนักโดยรวมของท่อนพนักฐานสำหรับ (mass: $m_{(M1)}$ (kg)) คิดที่ 10 กิโลกรัม หรือใส่พร้อมกันได้ ประมาณ 30 ท่อน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2 และเมื่อได้ค่าแรงบิดรอบแกนหมุนของมอเตอร์เกียร์สำหรับการเคลื่อนที่ เดินหน้า-ถอยหลัง ของสายพานลำเลียง (M1) ในส่วนถัดไป เป็นการคำนวณหาขนาดพิกัดกำลังของ มอเตอร์ (Power Motor: $P_{M(M1)}$ (W)) โดยคิดที่ความเร็วรอบใช้งานของมอเตอร์เกียร์ (Speed motor: $N_{R(M1)}$ (rpm)) อยู่ที่ 500 รอบต่อนาที ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3 เช่นเดียวกันกับการหาขนาดของมอเตอร์เกียร์ สำหรับการเคลื่อนที่ ขึ้น-ลง ของชุดใบตัด (M2)

2) การคำนวณหาขนาดของบอร์ดควบคุมมอเตอร์ (Motor Driver)

การคำนวณหาขนาดของบอร์ดควบคุมมอเตอร์ หรือ Motor Driver สำหรับมอเตอร์เกียร์ของการ หมุนของมอเตอร์สายพานลำเลียง (M1) และการเคลื่อนที่ของชุดใบตัด (M2) โดยแบ่งออกเป็น 2 ระบบการทำงาน ดังนี้

2.1) ระบบ Automatic สามารถปรับความเร็วรอบการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ และสามารถ ปรับเปลี่ยนทิศทางหมุนของมอเตอร์ได้ โดยใช้ Motor Drive Module รุ่น Cytron MD10C ที่ขนาดแรงดันไฟฟ้า กระแสตรง 24 โวลต์ (Electric voltage: V_M (V)) พิกัดกระแสไฟฟ้า 10 แอมป์ (Electric current: I_M (A)) ซึ่ง

สามารถคำนวณหาค่าขนาดฟลักกระแสไฟฟ้าใช้งานของมอเตอร์ ได้จากขนาดฟลักกำลังของมอเตอร์ (Power Motor: P_M (W)) ดังสมการที่ 4

$$I_M = \frac{P_M}{V_M} \quad (4)$$

2.2) ระบบ Manual ไม่สามารถปรับเปลี่ยนความเร็วรอบการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ แต่สามารถปรับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้ เนื่องจากใช้สำหรับการซ่อมบำรุงระบบ (Maintenance) ในกรณีที่มีการขัดข้องเกิดขึ้นเพียงเท่านั้น ดังนั้นวงจรที่ใช้ในการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ เป็นเพียงวงจรกลับทางหมุนด้วย Relay จำนวน 2 ตัว ขนาด Relay 24 โวลต์ 10 แอมป์ ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าขนาดฟลักกระแสไฟฟ้าใช้งานของมอเตอร์ ได้จากสมการที่ 4

ในส่วนของมอเตอร์ที่ใช้งานร่วมกับใบเลื่อยวงเดือน เป็นการต่อใช้งานโดยตรงกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า (Switching Power Supply) ขนาดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ (Electric voltage source: V_S (V)) ขนาดฟลักกระแสไฟฟ้า 20 แอมป์ (Electric current source: I_S (A)) โดยมี Selector switch 2 position ใช้สำหรับควบคุม เปิด-ปิด การทำงานของมอเตอร์ ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าขนาดฟลักกระแสไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ได้จากผลรวมของขนาดฟลักกระแสไฟฟ้าใช้งานของมอเตอร์ทั้งหมด จำนวน 3 ตัว ดังสมการที่ 5

$$I_S = I_{M1} + I_{M2} + I_{M3} \quad (5)$$

2.2.4 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน

การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องตัดท่อนพันธุมันสำปะหลังอัตโนมัติ จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงฟังก์ชันการใช้งานตามแบบโครงสร้างการทำงานจากภาพที่ 6 และลักษณะโครงสร้างของเครื่องตัดท่อนพันธุมันสำปะหลังอัตโนมัติที่ออกแบบไว้จากภาพที่ 1 ถึง 5 ให้สัมพันธ์กัน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

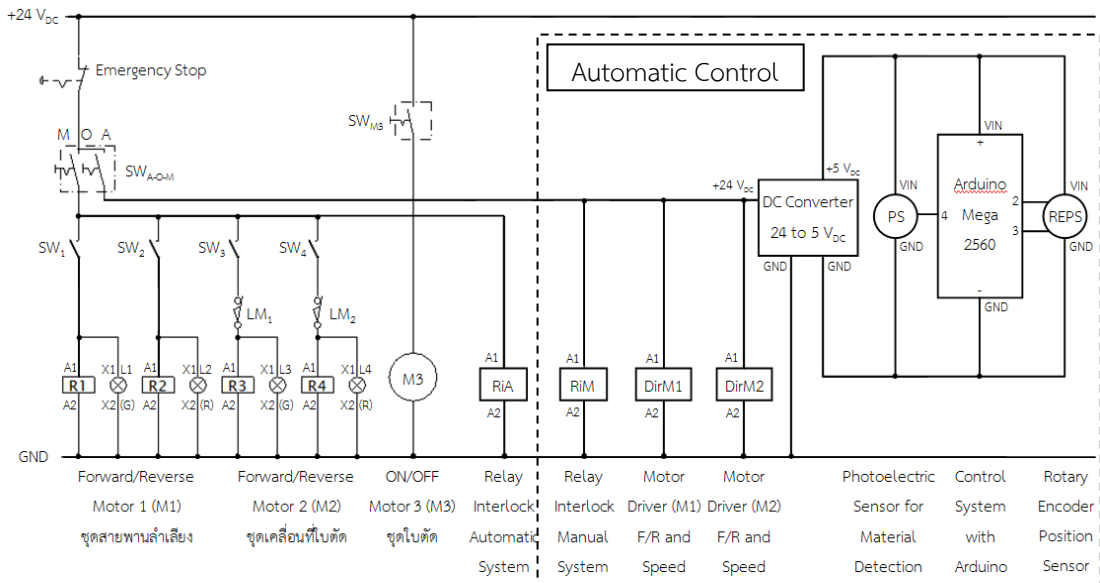
1) วงจรควบคุมระบบ (Control System Circuit)

การออกแบบวงจรควบคุมระบบ สามารถแยกส่วนตามลักษณะหรือระบบการทำงาน ได้เป็น 2 ระบบ ดังนี้

1.1) วงจรควบคุมระบบ Automatic (Automatic Control System Circuit)

ในระบบนี้ ออกแบบวงจรให้มีการควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติด้วยบอร์ด Arduino Mega 2560 ซึ่งเป็นตัวกลางในการประมวลผลของระบบ ดังนั้น การควบคุมมอเตอร์ในตำแหน่งต่างๆ ให้สามารถทำงานตามระบบที่ตั้งค่าไว้ จำเป็นที่จะต้องมีการใช้งาน Motor Driver (DirM1 และ DirM2) สำหรับควบคุมการหมุนของมอเตอร์สายพานลำเลียง (M1) และการเคลื่อนที่ของชุดใบตัด (M2) ตามลำดับ โดยมี Rotary Encoder Position Sensor (REPS) ทำหน้าที่เป็นตัววัดระยะการเคลื่อนที่ของ M1 สำหรับการป้อนกลับ (feedback) ค่าที่ได้ไปประมวลผลในบอร์ด Arduino เพื่อคำนวณหาระยะการตัดต้นพันธุ์ และมี Photoelectric Sensor (PS) ใช้สำหรับตรวจจับการมีอยู่ของต้นพันธุ์บนสายพาน อีกทั้งยังมีอุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC Converter) จาก 24 โวลต์ เป็น 5 โวลต์ เพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับบอร์ด Arduino สามารถทำงานได้ โดยมีอุปกรณ์การ

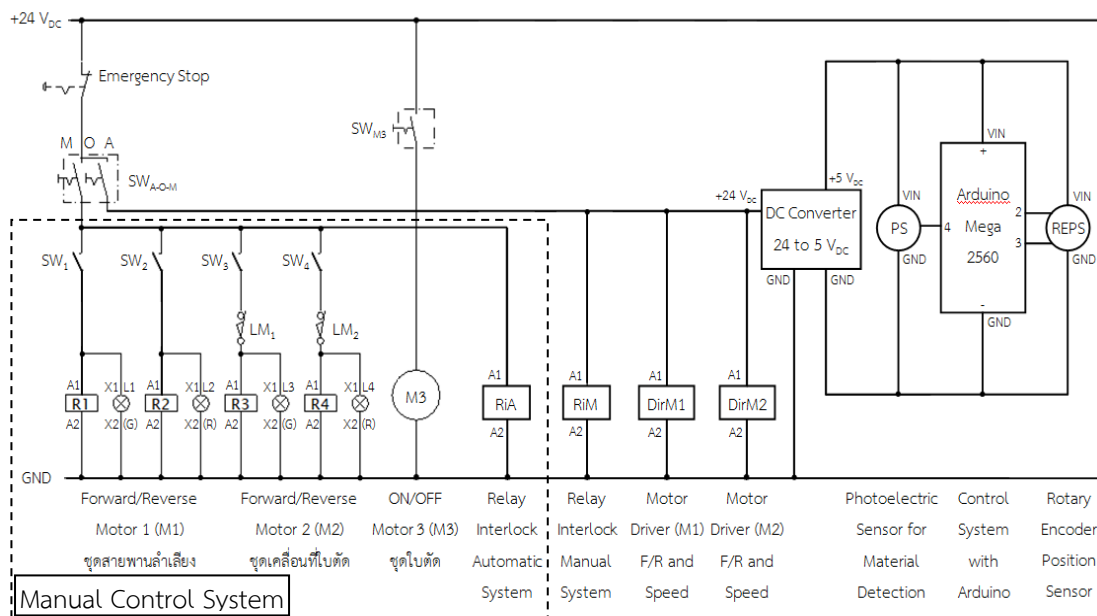
ทำงานระหว่างระบบ Automatic (A) และ Manual (M) ด้วย Selector Switch 3 position (SW_{A-O-M}) และอุปกรณ์ป้องกันไม่ให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในระบบ Manual ด้วย Relay Interlock Manual (RiM) ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 วงจรควบคุมการทำงานของระบบ (Automatic Control System Circuit)

1.2) วงจรควบคุมระบบ Manual (Manual Control System Circuit)

ในระบบนี้ ออกแบบวงจรให้มีการควบคุมการทำงานแบบ Manual ด้วย Push Button Switch (SW_1 - SW_4) สำหรับปรับเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์สายพานลำเลียง (M1) และทิศทางการเคลื่อนที่ของชุดใบตัด (M2) ผ่าน Relay (R1-R4) ซึ่งต้องวงจรควบคุมกำลังไฟฟ้าแบบกลับทางหมุนไว้ และในขณะเดียวกันเมื่อ Relay ตัวใดตัวหนึ่งทำงาน Pilot Lamp (L1-L4) จะทำงานหรือสว่างขึ้น โดยให้ไฟสีเขียว (Green: G) แสดงสถานะ Forward ส่วนไฟสีแดง (Red: R) แสดงสถานะ Reverse โดยให้ Limit Switch (LM₁ และ LM₂) ทำหน้าที่เป็น Sensor และ Switch สำหรับตรวจจับและหยุดการทำงานการเคลื่อนที่ของชุดใบตัด (M2) เมื่อมีการเคลื่อนที่ขึ้นสุดหรือลงสุด อีกทั้งยังมี Selector Switch 2 position (SW_{M3}) สำหรับ เปิด-ปิด การทำงานของมอเตอร์ใบตัด (M3) โดยมีอุปกรณ์ควบคุมการทำงานระหว่างระบบ Automatic (A) และ Manual (M) ด้วย Selector Switch 3 position (SW_{A-O-M}) และอุปกรณ์ป้องกันไม่ให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในระบบ Automatic ด้วย Relay Interlock Automatic (RiA) ดังภาพที่ 8

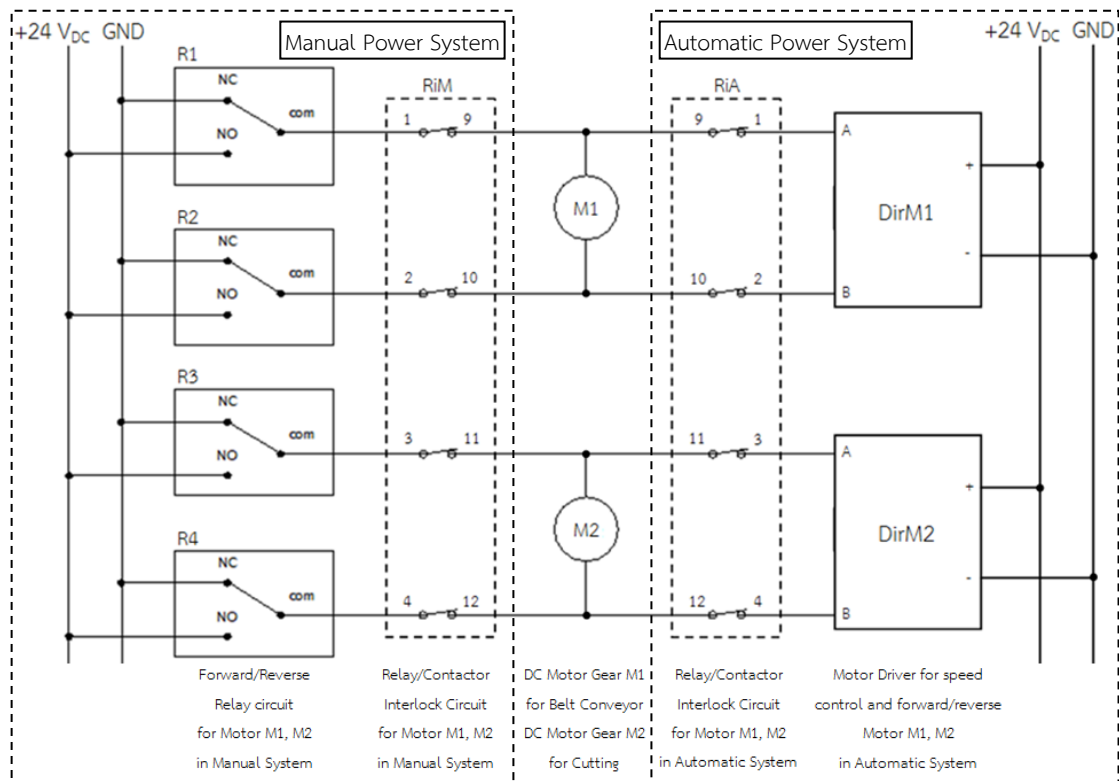


ภาพที่ 8 วงจรควบคุมการทำงานของระบบ (Manual Control System Circuit)

2) วงจรควบคุมกำลังไฟฟ้า (Power Control Circuit)

ในส่วนนี้ เป็นการออกแบบวงจรควบคุมการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์สายพานลำเลียง (M1) และมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ของชุดใบตัด (M2) โดยที่ระบบ Automatic สามารถควบคุมมอเตอร์ M1 และ M2 ได้ทั้งความเร็วรอบของมอเตอร์และทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ส่วนระบบ Manual สามารถควบคุมมอเตอร์ M1 และ M2 ได้เพียงทิศทางการหมุนของมอเตอร์เท่านั้น ดังนั้น การออกแบบวงจรควบคุมกำลังไฟฟ้า ให้สามารถเลือกระบบการทำงานได้ทั้ง 2 ระบบ และมีการป้องกันไม่ให้เกิดกำลังไฟฟ้าไหลย้อนกลับไปยังระบบที่ไม่ได้เลือก ควรมีการใช้งานวงจร interlocking ประกอบด้วย ซึ่งจะสามารถออกแบบเป็นวงจรควบคุมกำลังไฟฟ้า ได้ดังภาพที่ 9

จากภาพที่ 9 จะเห็นได้ว่า มอเตอร์สายพานลำเลียง (M1) และมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ของชุดใบตัด (M2) จะถูกป้องกันการเกิดกำลังไฟฟ้าไหลย้อนกลับไปยังอีกระบบ (กรณีที่มีการเลือกใช้งานระบบใดระบบหนึ่ง) ด้วยหน้าสัมผัสตัวนำไฟฟ้าในสถานะปกติปิด (Normally Close: NC) ของ Relay (RiM และ RiA) โดยที่ Relay (RiM) จะทำการปลดวงจรฝั่งระบบ Manual ออก เมื่อมีการเลือกใช้งานในระบบ Automatic และในทางตรงกันข้าม Relay (RiA) จะทำการปลดวงจรฝั่งระบบ Automatic ออก เมื่อมีการเลือกใช้งานในระบบ Manual ทั้งนี้ระบบแรงดันไฟฟ้า ที่ใช้ในการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ทั้ง 2 เป็นระบบแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 โวลต์ ที่มาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (Switching Power Supply) รวมไปถึงมอเตอร์ความเร็วรอบสูงที่ใช้งานร่วมกับใบเลื่อยวงเดือนหรือใบตัด (M3) อีกด้วย



ภาพที่ 9 วงจรควบคุมกำลังไฟฟ้า (Power Control Circuit)



ภาพที่ 10 เครื่องตัดท่อนพันธุ์ไม้สำหรับอัดโน้ตไม้สมบูรณ์ (มุมมองจากทางด้านขวาและซ้าย)

จากภาพที่ 10 เป็นเครื่องตัดท่อนพันธุ์ไม้สำหรับหลังอัดโนมิตีสมบูร์น ที่สามารถกำหนดจำนวนครั้งการตัดและขนาดความยาวของท่อนพันธุ์ได้อย่างอัตโนมัติ โดยตัวโครงสร้างใช้วัสดุเป็นเหล็กพ่นสี มีแผ่นเหล็กป้องกันการกระเด็นของเศษไม้ และสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยล้อทั้ง 4 ตามการออกแบบโครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้ขั้นต้น

2.3 ทดสอบและเก็บผลการทำงานของเครื่องตัดท่อนพันธุ์ไม้สำหรับหลังอัดโนมิตี

ในส่วนนี้เป็นการทดสอบและเก็บผลการทำงานจริง ของเครื่องตัดท่อนพันธุ์ไม้สำหรับหลังอัดโนมิตี โดยการทดสอบการตัดท่อนพันธุ์ให้เป็นท่อนๆ ตามขนาดมาตรฐานของการตัดท่อนพันธุ์ [3] ในขนาดต่างๆ เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องตัดฯ ในด้านจำนวนของท่อนพันธุ์ที่สามารถใช้งานได้และระยะเวลาที่ใช้ในการตัด อีกทั้งยังวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเมื่อเทียบกับการตัดด้วยมีดสับจากการใช้แรงงานคนเพียงอย่างเดียว ซึ่งสามารถแบ่งกรณีการทดสอบเครื่องตัดฯ ได้ดังนี้

- กรณีที่ 1 ตัดท่อนพันธุ์ให้มีขนาดความยาวอยู่ที่ 20 เซนติเมตร (สำหรับการปลูกแบบชุด)
- กรณีที่ 2 ตัดท่อนพันธุ์ให้มีขนาดความยาวอยู่ที่ 23 เซนติเมตร (สำหรับการปลูกแบบชุด)
- กรณีที่ 3 ตัดท่อนพันธุ์ให้มีขนาดความยาวอยู่ที่ 26 เซนติเมตร (สำหรับการปลูกแบบเสียบ)
- กรณีที่ 4 ตัดท่อนพันธุ์ให้มีขนาดความยาวอยู่ที่ 29 เซนติเมตร (สำหรับการปลูกแบบเสียบ)



ภาพที่ 11 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องตัดท่อนพันธุ์ไม้สำหรับหลังอัดโนมิตี

จากภาพที่ 11 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องตัดฯ โดยการนำเอาต้นพันธุ์ที่มีการตัดเตรียมไว้ยาวประมาณ 150-170 เซนติเมตรต่อต้น มัดรวมกันเป็นพ่อนๆ (พ่อนละ 15 ต้น) ใส่ลงไปในเครื่องตัดฯ ครั้งละ 1 พ่อน (ขอบเขตของเครื่องตัดฯ ใส่ได้ครั้งละ 15-20 ต้น ขึ้นอยู่กับขนาดลำต้นของต้นพันธุ์) และให้เครื่องตัดฯ ตัดตามขนาดที่กำหนดไว้จากวิธีการทดสอบทั้ง 4 กรณีขั้นต้น ซึ่งทำการทดสอบซ้ำๆ กรณีละ 5 ครั้ง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของขนาดท่อนพันธุ์ จำนวนของท่อนพันธุ์ที่ไม่ได้ขนาดหรือเสีย ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า เวลาที่ใช้ในการตัดเฉลี่ยต่อท่อน และนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องตัดฯ พร้อมกับวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนในส่วนถัดไป

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องตัดท่อนพันธุมันสำปะหลังอัตโนมัติ ทั้งหมด 5 ครั้งต่อกรณี

ขนาดความยาว ของท่อนพันธุมัน (เซนติเมตร)	ระยะเวลาการตัด ต่อครั้งเฉลี่ย (วินาที)	จำนวนท่อนพันธุมัน ที่ได้ขนาด (ท่อน)	จำนวนท่อนพันธุมัน ที่ไม่ได้ขนาด (ท่อน)	จำนวนท่อนพันธุมัน เศษเสียที่ปลาย (ท่อน)	รวมทั้งหมด (ท่อน)
20	38	21	33	15	69
23	36	32	20	15	67
26	32	27	25	15	67
29	29	33	17	15	65
เฉลี่ย	34	28	24	15	67

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องตัดท่อนพันธุมันสำปะหลังอัตโนมัติ พบว่าเครื่องตัดฯ สามารถตัดต้นพันธุมันให้มีขนาดความยาวตามที่กำหนดไว้และอยู่ในช่วงของค่าที่ยอมรับได้ ± 0.5 เซนติเมตร ซึ่งมีจำนวนเฉลี่ยทั้งหมด 28 ท่อนต่อการตัด 1 ครั้งใช้เวลาเฉลี่ย 34 วินาทีหรือคิดเป็น 2,965 ท่อนต่อชั่วโมง และมีจำนวนท่อนพันธุมันเฉลี่ยที่ไม่ได้ขนาดทั้งหมด 24 ท่อนที่เวลาเฉลี่ย 34 วินาทีหรือคิดเป็น 2,541 ท่อนต่อชั่วโมง อีกทั้งยังมีจำนวนท่อนพันธุมันที่เป็นเศษเสียปลายสุดของต้นทุกครั้งที่มีการตัด โดยมีจำนวนเฉลี่ยทั้งหมด 15 ท่อนต่อการตัด 1 ครั้ง รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 5,521 ท่อนต่อชั่วโมง สามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพของเครื่องตัดฯ ที่สามารถตัดท่อนพันธุมันให้มีขนาดตามที่กำหนดและยอมรับได้อยู่ที่ 53.70% และมีความเสียหายอยู่ที่ 46.30%

ในส่วนถัดไปเป็นการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเมื่อเทียบกับระหว่างเครื่องตัดท่อนพันธุมันสำปะหลังอัตโนมัติ โดยใช้แรงงานคนจำนวน 1 คนสำหรับควบคุมเครื่องตัดฯ กับการตัดแบบเดิมด้วยแรงงานคนจำนวน 1 คนเช่นกัน แต่ใช้ป็นมัดสับขนาดใหญ่ 9 นิ้ว ที่มีลักษณะใบมีดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งมีรายละเอียดของตัวแปรต่างๆ สำหรับใช้เปรียบเทียบ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวแปรสำหรับวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เมื่อเทียบกับระหว่างเครื่องตัดท่อนพันธุมันสำปะหลังอัตโนมัติกับมัดสับ

รายละเอียด	เครื่องตัดท่อนพันธุมัน สำปะหลังอัตโนมัติ	มัดสับขนาด 9 นิ้ว
1. ต้นทุน (บาท)	33,000	590
2. จำนวนคนงาน (คน)	1	1
3. ค่าแรง (บาทต่อชั่วโมง)	43.75	43.75
4. จำนวนท่อนพันธุมันที่ได้ขนาด ± 5 เซนติเมตร (ท่อนต่อชั่วโมง)	2,965	1,334
4. พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการตัด ต่อชั่วโมง (วัตต์ต่อชั่วโมง)	154	-
5. ค่าไฟฟ้าต่อชั่วโมง (บาทต่อชั่วโมง)	0.62	-
6. รวมค่าใช้จ่ายต่อชั่วโมง (บาทต่อชั่วโมง)	44.37	43.75
7. รวมค่าใช้จ่ายต่อท่อนพันธุมัน (บาทต่อท่อน)	0.015	0.033

จากตารางที่ 2 พลังงานไฟฟ้า (E^{Total}) สามารถคำนวณหาค่าได้จากการทดสอบใช้งานจริงและวัดค่าด้วยเครื่องมือวัดทางไฟฟ้ารุ่น KEW2117R ยี่ห้อ KYORITSU โดยการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า (V_{Line}) และกระแสไฟฟ้า (I_{Line}) เพื่อคำนวณเป็นค่ากำลังไฟฟ้า ($P_{\text{y,m,d,t}}^{\text{Load}}$) และเทียบกับเวลาการตัดท่อนพันธุมัน (t_1 ถึง t_2) ดังสมการที่ 6 และ 7 [14] ตามลำดับ

$$P_{Load} = V_{phase} \times I_{phase} \times \cos\theta \quad (6)$$

$$E^{Total} = \sum_{t1}^{t2} (P_{y,m,d,t}^{Load}) \times \Delta t \quad (7)$$

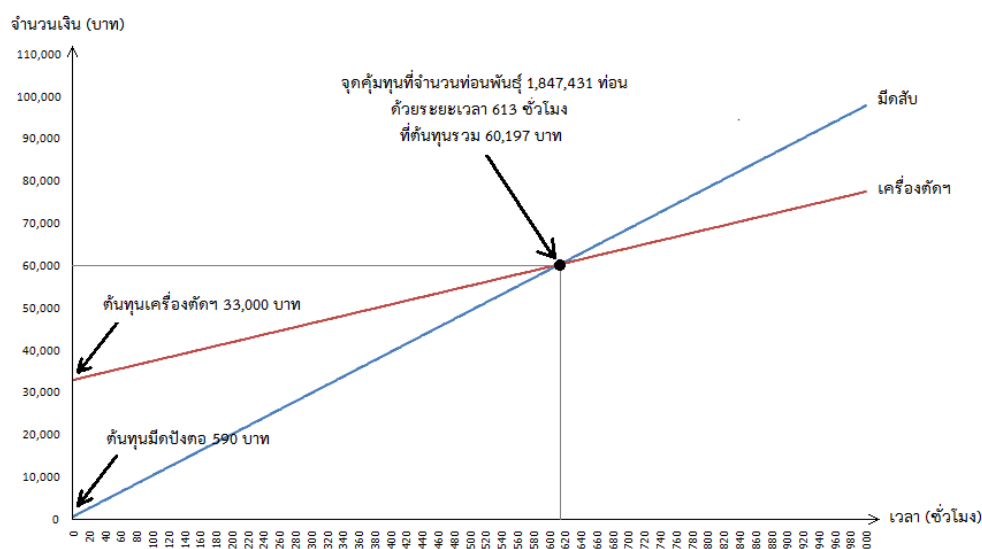
จากนั้นจะสามารถคำนวณหาค่าใช้จ่ายสำหรับการตัดท่อนพันธู์ต่อจำนวน 1 ท่อน (Cm) ได้จากค่าแรงขั้นต่ำของแรงงาน (NMW) เวลาการทำงานต่อวัน (T) จำนวนแรงงาน (Np) ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการตัดท่อนพันธู์ (E^{Total}) และอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (Rate: ในที่นี้คิดที่หน่วยละ 4 บาท) ดังสมการที่ 8 [14]

$$Cm = \left(\frac{NMW \times Np}{T} \times (t2 - t1) \right) + \left(\frac{E^{Total}}{1,000} \times Rate \right) \quad (8)$$

ดังนั้น การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break Even Point: BEP) เมื่อใช้งานเครื่องตัดท่อนพันธู์มันสำปะหลังอัตโนมัติ แทนการใช้มีดสับท่อนพันธู์ด้วยแรงงานคน สามารถคำนวณหาได้จากราคาดัชนีทุนคงที่ของเครื่องตัดท่อนพันธู์มันสำปะหลังอัตโนมัติ (Fixed Expenses: FE) เทียบกับภาระค่าใช้จ่ายต่อการตัดท่อนพันธู์แต่ละท่อนด้วยเครื่องตัดฯ ($Cm^{Auto_Machine}$) และภาระค่าใช้จ่ายต่อการตัดท่อนพันธู์แต่ละท่อนด้วยมีดสับ (Cm^{Manual_Human}) ดังสมการที่ 9 [14] และสามารถวิเคราะห์ออกมาเป็นกราฟได้ดังภาพที่ 12

$$BEP = \frac{FE}{Cm^{Manual_Human} - Cm^{Auto_Machine}} \quad (9)$$

ทั้งนี้ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนดังกล่าว เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและค่าใช้จ่ายในขั้นตอนกระบวนการผลิตมันสำปะหลังเท่านั้น ไม่รวมถึงรายรับหรือรายจ่ายที่ได้จากการผลิตและซื้อขายแลกเปลี่ยน ซึ่งสามารถสรุปเป็นผลวิเคราะห์จุดคุ้มทุนดังกล่าว ได้ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 จุดคุ้มทุน จากการใช้งานเครื่องตัดท่อนพันธู์มันสำปะหลังอัตโนมัติ แทนการใช้มีดสับด้วยแรงงานคน

จากภาพที่ 12 เป็นกราฟวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการใช้งานเครื่องตัดท่อน้ำมันสำหรับหลังอัตโนมัติแทนการใช้มีดปัดท่อน้ำมันด้วยแรงงานคน พบว่าจุดคุ้มทุนจะอยู่ที่จำนวนท่อน้ำมัน 1,847,431 ท่อน ด้วยระยะเวลา 613 ชั่วโมง ที่ต้นทุนรวม 60,197 บาท และหากเทียบกับเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน พบว่าจะคืนทุนภายใน 77 วัน หรือประมาณ 2-3 เดือน (ในกรณีที่มีการใช้งานเครื่องตัดฯ เต็มเวลาเป็นประจำทุกวันและได้จำนวนเท่าๆ กันทุกวัน)

3. สรุปผล

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องตัดท่อน้ำมันสำหรับหลังอัตโนมัติที่ออกแบบสร้าง เปรียบเทียบกับการตัดท่อน้ำมันสำหรับหลังที่มีอยู่เดิมด้วยมีดสับจากแรงงานคนพบว่า เครื่องตัดท่อน้ำมันสำหรับหลังอัตโนมัติสามารถเพิ่มจำนวนการตัดท่อน้ำมันได้ถึง 1,631 ท่อนต่อชั่วโมง หรือเป็นจำนวนทั้งสิ้น 2,965 ท่อนต่อชั่วโมง (ขนาดบวกลบไม่เกิน 0.5 เซนติเมตร) อีกทั้งยังสามารถลดค่าใช้จ่ายหรือลดต้นทุนการตัดท่อน้ำมันได้ถึง 0.018 บาทต่อท่อน จากเดิมอยู่ที่ 0.033 บาทต่อท่อน ซึ่งการตัดท่อน้ำมันด้วยเครื่องตัดท่อน้ำมันสำหรับหลังอัตโนมัติ มีค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนอยู่ที่ 0.015 บาทต่อท่อน และเมื่อวิเคราะห์เป็นจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องตัดท่อน้ำมันสำหรับหลังอัตโนมัติพบว่า มีจุดคุ้มทุนที่ต้นทุนรวมอยู่ที่ 60,197 บาท จากต้นทุนคงที่ 33,000 บาท ที่จำนวนท่อนน้ำมัน 1,847,431 ท่อน ด้วยระยะเวลา 613 ชั่วโมง หรือประมาณ 2-3 เดือน (กรณีใช้งานเครื่องตัดท่อน้ำมันสำหรับหลังอัตโนมัติตลอด 8 ชั่วโมงต่อวัน)

4. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาและการเปรียบเทียบผลของการตัดท่อน้ำมันสำหรับหลังพบว่า เครื่องตัดท่อน้ำมันสำหรับหลังอัตโนมัติที่ออกแบบสร้าง สามารถตัดท่อน้ำมันได้ 5,521 ท่อนต่อชั่วโมง โดยมีความเสียหายอยู่ที่ 46.30% ซึ่งท่อนน้ำมันที่ตัดได้ต่อชั่วโมงนั้น มีจำนวนมากกว่าการตัดด้วยเครื่องตัดฯ แบบ Manual [4-7] เนื่องจากเครื่องตัดฯ ที่ออกแบบสร้าง เป็นการเดินเครื่องแบบ Auto สามารถไล่เรียงต้นพันธุ์เข้าเครื่องตัดฯ ได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่มีการหยุดเครื่อง อีกทั้งยังใส่จำนวนต้นพันธุ์ได้ทีละหลายๆ ต้น (ไม่เกิน 20 ต้น) แต่ด้วยเหตุนี้ จึงเป็นเหตุทำให้จำนวนท่อนพันธุ์ที่ตัดได้เกิดความเสียหายหรือไม่ได้ขนาดเป็นจำนวนมาก เนื่องจากผิวสัมผัสของต้นพันธุ์เกิดการเคลื่อนที่หลุดจากผิวสัมผัสของสายพานลำเลียงที่กำลังเคลื่อนที่อยู่ในขั้นตอนการตัด จึงทำให้ระยะการเคลื่อนที่ของต้นพันธุ์กับสายพานลำเลียงนั้นไม่เท่ากัน (เคลื่อนที่ไปไม่พร้อมกัน) เป็นสาเหตุทำให้ความยาวของท่อนพันธุ์ที่ตัดได้ มีขนาดสั้นกว่าหรือยาวกว่าขนาดที่ต้องการตัดเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการออกแบบโครงสร้างของชุดสายพานลำเลียงให้สามารถหนีบจับต้นพันธุ์เข้ากับระบบสายพานลำเลียงได้ โดยต้นพันธุ์ที่ใส่เข้าไปจะต้องสามารถเคลื่อนที่ไปพร้อมๆ กับสายพานลำเลียงในระยะที่ใกล้เคียงหรือเท่ากันได้ ก็จะสามารถลดความเสียหายของจำนวนท่อนพันธุ์ที่ตัดได้ ไปพร้อมๆ กับเพิ่มจำนวนของท่อนพันธุ์ที่ได้ขนาด อีกทั้งยังสามารถช่วยลดระยะเวลาการคืนทุนได้อีกด้วย

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] สถานการณ์การผลิตมันสำปะหลัง. (2563). สวนสินค้าเกษตร. สำนักการสินค้า. (มีนาคม 2563).
- [2] อนุชิต ฉ่ำสิงห์. (2556). วิจัยและพัฒนาเครื่องตัดต้นมันสำปะหลังแบบติดตั้งนารถแทรกเตอร์. (รายงานการวิจัย). สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6: กรมวิชาการเกษตร.

-
- [3] สมลักษณ์ จูฑังคะ. (2551). **เทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลัง. (เอกสารวิชาการ).** สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [4] ศุภวรรณ งามาตย์, ประสาท แสงพันธุ์ตา, พุทธินันท์ จารุวัฒน์, สากร วิริยานันท์, นิวัต อาระวิล, ณัฐสิทธิ์ อยู่เย็น, และเทียนชัย เหลลาลา. (2556). **วิจัยและพัฒนาเครื่องตัดท่อนมันสำปะหลัง.** ประชุมวิชาการวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติครั้งที่ 14 และระดับนานาชาติครั้งที่ 6, 14(23), 303-309.
- [5] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, สุทิน เหล่าโง่ง, ภูวนาท ลินสวัสดิ์, และชัยยงค์ ศรีประเสริฐ. (2551). **การพัฒนาเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง.** วารสารวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตราชภัฏธนบุรี, 6(12), 19-26.
- [6] ปิยวิทย์ สุทธิวงศ์ และอภิเดช ภูมิทอง. (2556). **เครื่องตัดท่อนมันสำปะหลังแบบเคลื่อนที่.** (ผลงานนวัตกรรม). สุพรรณบุรี: วิทยาลัยการอาชีพอุทอง.
- [7] มารุต อัมจักร, พิมาย จุกสีดา, และศิวัช จันทนวงษ์. (2558). **เครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง.** (ผลงานนวัตกรรม). ชลบุรี: วิทยาลัยการอาชีพพนสนิม.
- [8] Bautista, A.J., Wane, S.O., Nario, F., Torres, J.L., and Danao, T.E. (2018). **Development of an Autonomous Hand Tractor Platform for Philippine Agricultural Operations.** 2018 18th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS).
- [9] Sujon, Md.D.I., Nasir, R., Habib, M.M.I., Nomaan, M.I., Baidya, J., and Islam, Md.R. (2018). **Agribot: Arduino Controlled Autonomous Multi-Purpose Farm Machinery Robot for Small to Medium Scale Cultivation.** 2018 International Conference on Intelligent Autonomous Systems (ICoIAS). pp. 155-159.
- [10] Lucero, L. & D., Mejia, E.O., and Collaguazo, G. (2020). **Automated aeroponics vegetable growing system.** Case study Lettuce. 2020 IEEE ANDESCON. pp. 1-6.
- [11] Bharti, A., Reddy, M.H., Raja, P., Mukesh, Kumar, N., and Ratish. (2022). **Agrobot- An IoT-Based Automated Multi-Functional Robot.** 2022 IEEE Conference on Interdisciplinary Approaches in Technology and Management for Social Innovation (IATMSI).
- [12] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ และรุ่งเรือง กาลศิริศิลป์. (2554). **การออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดขวางรายต้นพันธุ์มันสำปะหลัง.** (รายงานการวิจัย). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [13] ตังค์ทอง. (2565). **การเลือกใช้เลื่อยวงเดือน.** สืบค้นจาก <https://tangthon.com/best-circular-saws/>
- [14] ปณต ศรีภคร์ชต์ และบัญชา ศรีวิโรจน์. (2563). **การออกแบบเครื่องมือผ่ากิ่งอัตโนมัติ.** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธนบุรี. 4(2), 12-26.