Received: Aug 30, 2020 **Revised:** Oct 22, 2020 **Accepted:** Oct 30, 2020

การออกแบบเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ
SEMI-AUTOMATIC FABRIC ROLL PACKING MACHINE DESIGN

ปณต ศรีภครัชต์[1],บัญชา ศรีวิโรจน์[2]
[1,2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยธนบุรี
Panot Sripakarach[1], Bancha Sriwirote[2]
[1,2]Electrical Engineering Thonburi University
E-mail: mintandmos60@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการออกแบบเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ แบบตรวจผ้า 2 หน้า ม้วนผ้า คลายความตึง พร้อมกับจับริมผ้าอัตโนมัติ เพื่อลดเวลาการทำงาน ลดจำนวนคนงาน เพิ่มประสิทธิภาพการม้วนเก็บผ้า และลดภาระค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการม้วนเก็บผ้า โดยการออกแบบการสร้างและการใช้งานเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ ที่ควบคุมด้วย PLC ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า แทนการใช้งานเครื่องม้วนผ้าแบบทำด้วยมือ ของโรงงานอุตสาหกรรมทอผ้าแห่งหนึ่ง ที่ต้องใช้แรงงานคนในการขับเคลื่อน จากการทดสอบพบว่า เครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติที่ออกแบบสร้าง สามารถลดระยะเวลาในการม้วนเก็บผ้าได้เฉลี่ยถึง 22 นาทีต่อม้วน ที่ความยาวผ้า 20 หลา และ 68 นาทีต่อม้วน ที่ความยาวผ้า 50 หลา สามารถลดจำนวนคนงานได้ถึง 3 คน จากเดิม 4 คน สามารถลดความคลาดเคลื่อนของความยาวผ้าที่ได้หลังจากการม้วนเก็บผ้าจริงเสร็จ เหลือเพียง 3-4% ต่อม้วนโดยเฉลี่ย จากเดิมอยู่ที่ 5% ต่อม้วน ซึ่งความเร็วรอบการม้วนเก็บผ้าที่เหมาะสม จะอยู่ที่ 60 rpm ที่ความยาวผ้า 20 หลา และ 40 rpm ที่ความยาวผ้า 50 หลา เนื่องจากมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ทั้งนี้ เครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติที่ออกแบบสร้าง ยังสามารถลดภาระค่าใช้จ่ายในการม้วนเก็บผ้าจริงได้เฉลี่ยถึง 130 บาทต่อม้วน ที่ความยาวผ้า 20 หลา และ 214 บาทต่อม้วน ที่ความยาวผ้า 50 หลา เป็นผลทำให้จุดคุ้มทุนหรือจำนวนการม้วนเก็บผ้าที่คุ้มทุน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,045 ม้วน ที่ความยาวผ้า 20 หลา และ 632 ม้วน ที่ความยาวผ้า 50 หลา โดยมีราคาต้นทุนการสร้างอยู่ที่ 135,000 บาท
คำสำคัญ: เครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ เครื่องม้วนผ้าแบบทำด้วยมือ ประเทศอุตสาหกรรมใหม่

คำสำคัญ: เครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ เครื่องม้วนผ้าแบบทำด้วยมือ ประเทศอุตสาหกรรมใหม่

Abstract

This article presents a method for designing a semi-automatic fabric roll machine. 2-Sided check pattern, fabric roll, tension release, and automatically detecting the edge of the fabric. To reduce the working time, reduce the number of workers, increase the efficiency of the cloth roll, and reduce the burden of costs or costs of rolling the cloth. By designing to create a semi-automatic fabric roll machine that is controlled by PLC and driven by an electric motor. Instead of using a manual fabric roll machine. The results of the semi-automatic roll machine found that the average rolling time can be reduced to 22 minutes per roll at 20 yards long and 68 minutes per roll at 50 yards length. It can reduce the number of workers up to 3 people from the original 4 people. It can reduce the length error after the roll to the average 3-4% per roll from the original 5% per roll. The optimum roll speed is at 60 rpm at 20 yards and 40 rpm at 50 yards because of the smallest error. It can also reduce the burden of rolling costs by an average of 130 baht per roll at a length of 20 yards and 214 baht per roll at a length of 50 yards. The break-even point or the number of rolls that made the breakeven point averaged at 1,045 rolls at 20 yards length and 632 rolls at 50 yards length at a cost of 135,000 baht

Keywords: Semi-Automatic fabric roll packing machine, Manual fabric roll packing machine, Newly Industrialized Country

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นสมาชิกของประเทศอุตสาหกรรมใหม่ (Newly Industrialized Country: NIC) และเป็นประเทศที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม (Value-Based Economy) ซึ่งจัดอยู่ในยุคอุตสาหกรรมไทยแลนด์ 4.0 โดยมุ้งเน้นไปที่งานวิจัยและพัฒนากลุ่มอุตสาหกรรม 10 เป้าหมาย แบ่งเป็น การต่อยอด 5 อุตสาหกรรมเดิม (The First S-Curves) และการเติม 5 อุตสาหกรรมใหม่ (The New S-Curves) (กองบริหารงานวิจัยและประกันคุณภาพการศึกษา, 2559 และสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2560) แต่เนื่องจากการวิจัยและพัฒนากลุ่มอุตสาหกรรมเดิม ยังไม่สามารถตอบโจทย์ ที่จะช่วยให้เศรษฐกิจของประเทศไทย เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ในระยะยาวได้ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการวิจัยและพัฒนากลุ่มอุตสาหกรรมใหม่ควบคู่ตามไปด้วย เพื่อเป็นการต่อยอดให้กับอุตสาหกรรมเดิม สามารถพัฒนาและขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย ให้มีรายได้เพิ่มสูงขึ้น (กรุงไทย,2563)

ทั้งนี้ การวิจัยและพัฒนากลุ่มอุตสาหกรรมใหม่ จึงเป็นทางเลือกสำหรับนักวิจัยและผู้พัฒนาหลายๆ ท่าน ให้ความสำคัญในการเสริมสร้างและพัฒนาอุตสาหกรรมใหม่ที่มีรากฐานสืบเนื่องจากการต่อยอดอุตสาหกรรมปัจจุบัน เช่น อุตสาหกรรมหุ่นยนต์ (Robotics) อุตสาหกรรมการบินและโลจิสติกส์ (Aviation and Logistics) อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพและเคมีชีวภาพ (Biofuels and Biochemicals) อุตสาหกรรมดิจิตอล (Digital) และอุตสาหกรรมการแพทย์ครบวงจร (Medical Hub) (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2560 และ กรุงไทย,2563)

อย่างไรก็ตาม ภาครัฐบาลของประเทศไทยได้มีมาตรการ ออกนโยบายส่งเสริมอุตสาหกรรมใหม่ ให้ยกระดับกระบวนการผลิต และเพิ่มศักยภาพการแข่งขันในตลาดโลก โดยเฉพาะอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ เนื่องจากการเติบโตของอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ในประเทศไทย มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และคาดว่าจะมีการเจริญเติบโตสูงขึ้น (อุตสาหกรรมหุ่นยนต์ของประเทศไทย, 2559) ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น หุ่นยนต์เชื่อมโลหะ หุ่นยนต์ประกอบชิ้นงาน หุ่นยนต์ทางการแพทย์ และหุ่นยนต์ ขนส่งและวางชิ้นงาน เป็นต้น (ถวิดา, 2559) โดยมีองค์ประกอบและชิ้นส่วนต่างๆ ที่สามารถทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้อัตโนมัติ หลักๆ คือ วงจรควบคุม (Circuit Control) พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Programming) มอเตอร์ (Motor) ไฮดรอลิค (Hydraulic) และนิวเมติกส์ (Pneumatic) เป็นต้น (สมประวิณ, 2562)

ผู้จัดทำจึงได้ทำการสำรวจ โรงงานอุตสาหกรรมทอผ้าแห่งหนึ่ง ที่กำลังพัฒนาและต้องการเป็นหนึ่งในกลุ่มอุตสาหกรรมใหม่ ด้านอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ พบว่าในขั้นตอนกระบวนการม้วนเก็บผ้า ต้องใช้แรงงานทั้งหมด 4 คน และใช้เครื่องม้วนผ้าแบบทำด้วยมือ (Manual System) ซึ่งใช้เวลาค่อนข้างมากสำหรับการม้วนเก็บผ้า 1 ม้วน และมีค่าใช้จ่ายสำหรับค่าแรงงานค่อนข้างสูง อีกทั้ง ริมของม้วนผ้าที่ได้หลังจากการม้วนเก็บผ้า ไม่มีความสม่ำเสมอ ขาดความสวยงามในการบรรจุห่อสินค้า ดังนั้น ทางคณะผู้จัดทำ จึงได้ทำการออกแบบสร้าง “เครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาการทำงาน ลดจำนวนคนงาน เพิ่มประสิทธิภาพการม้วนเก็บผ้า และลดภาระค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการม้วนเก็บผ้า

เครื่องม้วนผ้า

ในขั้นตอนการม้วนเก็บผ้า ถือว่าเป็นขั้นตอนสุดท้ายหลังจากกระบวนการผลิต ก่อนที่จะทำการจัดส่งให้กับลูกค้า จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้เครื่องม้วนผ้า ในการตรวจสอบคุณภาพของผ้าและการม้วนเก็บผ้าหรือการพับผ้า เนื่องจากการม้วนเก็บผ้าหรือพับผ้าด้วยมือเปล่าที่ต้องใช้แรงงานคนเพียงอย่างเดียวนั้น ค่อนข้างที่จะใช้เวลานาน ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานค่อนข้างสูง การตรวจสอบคุณภาพของผ้าค่อนข้างต่ำกว่ามาตรฐาน และอาจทำให้ผ้าเกิดรอยยับได้ อีกทั้งหากหน้ากว้างของผ้ามีขนาดยาวมาก อาจทำให้การม้วนเก็บผ้าหรือพับผ้าด้วยมือ มีความยากลำบาก และส่งผลให้ริมของม้วนผ้าที่ม้วนได้ ขาดความสวยงามและสม่ำเสมอ ซึ่งในปัจจุบัน อุตสาหกรรมทอผ้าหลายๆ แห่ง จึงมีการใช้เครื่องม้วนผ้าเพื่อลดปัญหาดังกล่าว ในรูปแบบ หรือลักษณะการใช้งานต่างๆ ดังนี้ (T.PAIROJ, 2563)

2.1 เครื่องตรวจผ้า – พับผ้า

2.2 เครื่องตรวจผ้า – พับผ้า – ม้วนผ้า

2.3 เครื่องตรวจผ้า – ม้วนผ้าพร้อมจับริมผ้าอัตโนมัติ

2.4 เครื่องตรวจผ้า – ม้วนผ้า

2.5 เครื่องตรวจผ้า 2 หน้าอัตโนมัติ

2.6 เครื่องม้วนผ้า – พับผ้า

2.7 เครื่องม้วนผ้า – คลายความตึงพร้อมจับริมผ้าอัตโนมัติ

ในบทความนี้ได้นำเสนอวิธีการออกแบบ และทดสอบเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติแบบ ตรวจผ้า 2 หน้า ม้วนผ้า คลายความตึง พร้อมกับจับริมผ้าอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการผสมผสานกันระหว่างเครื่องตรวจผ้า 2 หน้าอัตโนมัติ กับเครื่องม้วนผ้า – คลายความตึงพร้อมจับริมผ้าอัตโนมัติ

ขั้นตอนการดำเนินงานออกแบบและคำนวณสร้างเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ

ในส่วนนี้เป็นการออกแบบและคำนวณสร้างเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ แบบตรวจผ้า 2 หน้า ม้วนผ้า คลายความตึง พร้อมกับจับริมผ้าอัตโนมัติ เพื่อตอบสนองต่อการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมทอผ้าที่ทางผู้จัดทำได้ทำการสำรวจเบื้องต้น โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานออกแบบและคำนวณสร้างเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ ดังนี้

1. การออกแบบโครงสร้างเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ

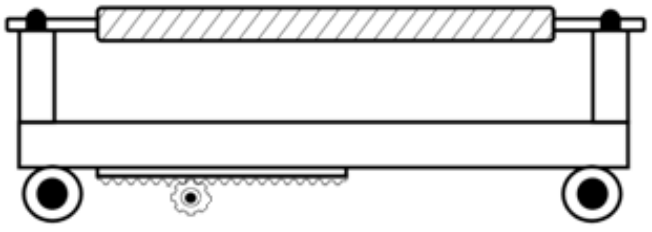
ในการออกแบบโครงสร้างของเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ ทำการออกแบบโดยการอ้างอิงขนาด และตำแหน่งการติดตั้งของอุปกรณ์ต่างๆ จากเครื่องม้วนผ้าด้วยมือ และเครื่องม้วนผ้าแบบอัตโนมัติ ที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป มาทำการประยุกต์ใช้ และปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับฟังก์ชั่นการทำงานที่กล่าวไว้ข้างต้น ลงในโปรแกรมเขียนแบบ เป็นภาพ 3 มิติ เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ของโครงสร้างหรือชิ้นส่วนต่างๆ ที่ออกแบบ และใช้เป็นแบบอ้างอิงใหม่ สำหรับการสั่งผลิตหรือสร้างชิ้นส่วนนั้นๆ เพื่อทำการประกอบเป็นโครงสร้างของเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ ในขั้นตอนต่อไป

ทั้งนี้ การออกแบบโครงสร้างของเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ จำเป็นที่จะต้องมีการออกแบบคำนวณขนาดของ มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) มู่เลย์ (Pulley) และสายพานตัววี (V-Belts) ด้วย เนื่องจากตำแหน่ง ขนาด และน้ำหนักของชิ้นส่วนโครงสร้าง มีผลต่อการทำงานของเครื่องจักร โดยเฉพาะชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ ดังนั้นการออกแบบคำนวณ สามารถทำได้ดังนี้

1) การออกแบบคำนวณขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้า

ออกแบบคำนวณจากขนาดรัศมีของลูกกลิ้ง (radius: r (m)) และน้ำหนักรวมของชิ้นส่วนเหล็ก (mass: m (kg)) ที่มีการเคลื่อนที่ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ดังภาพที่ 1 โดยใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันหรือแรงที่กระทำต่อวัตถุ (Force: F (N)) เพื่อคำนวณหาแรงบิดของมอเตอร์ (Torque Motor: TM (Nm)) และความเร็วรอบของมอเตอร์ (Speed motor: NR (rpm)) พร้อมกับหาขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ (Power Motor: PM (W)) ได้จากสมการที่ 1 (TN Group, 2560) ดังนี้

$$P_M = \frac{2\pi T_M N_R}{60} \quad (1)$$



ภาพที่ 1 แบบชิ้นส่วนแท่นวางแกนม้วนผ้าสำหรับจับริมผ้าอัตโนมัติ ที่เคลื่อนที่ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าในแนวระนาบ

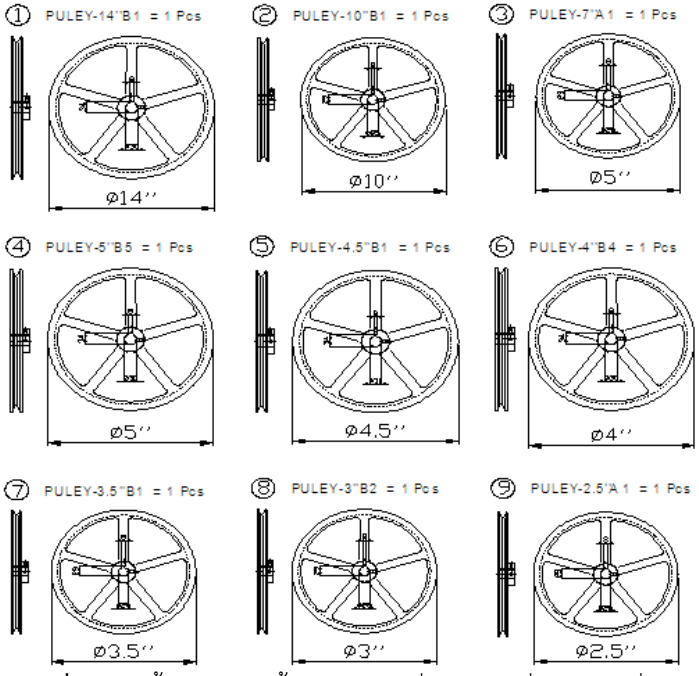
2) การออกแบบคำนวณขนาดของมู่เลย์ต้นกำลัง

ในส่วนนี้ เป็นการออกแบบคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เลย์ต้นกำลัง (M_P) ที่ได้จากความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าต้นกำลัง (M_R) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมู่เลย์ของโหลด (L_P) ที่ติดมากับแบบโครงสร้างของเครื่องม้วนผ้าด้วยมือ

และเครื่องม้วนผ้าอัตโนมัติ และความเร็วรอบของโหลด (L_R) ที่เคลื่อนที่ตามความเร็วที่ต้องการใช้งาน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2 (TN Group, 2560) ดังนี้

$$M_P = \frac{L_P \times L_R}{M_P} \quad (2)$$

ทั้งนี้ ถึงแม้ว่าจะมีการออกแบบคำนวณขนาดของมู่เลย์ต้นกำลัง สำหรับทดรอบความเร็วที่ต้องการใช้งานแล้วก็ตาม ยังจำเป็นที่จะต้องมีการใช้งาน Inverter เพื่อเป็นตัวช่วยในการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์ตามความต้องการของผู้ใช้งานหรือลักษณะของงาน เนื่องจากผู้ใช้งานมีพฤติกรรมการใช้งานที่แตกต่างกัน รวมไปถึงชนิดของผ้า ความยาวของผ้า หน้ากว้างของผ้า และตัวแปรอื่นๆ ที่มีผลกระทบต่อความเร็วในการม้วนเก็บผ้า

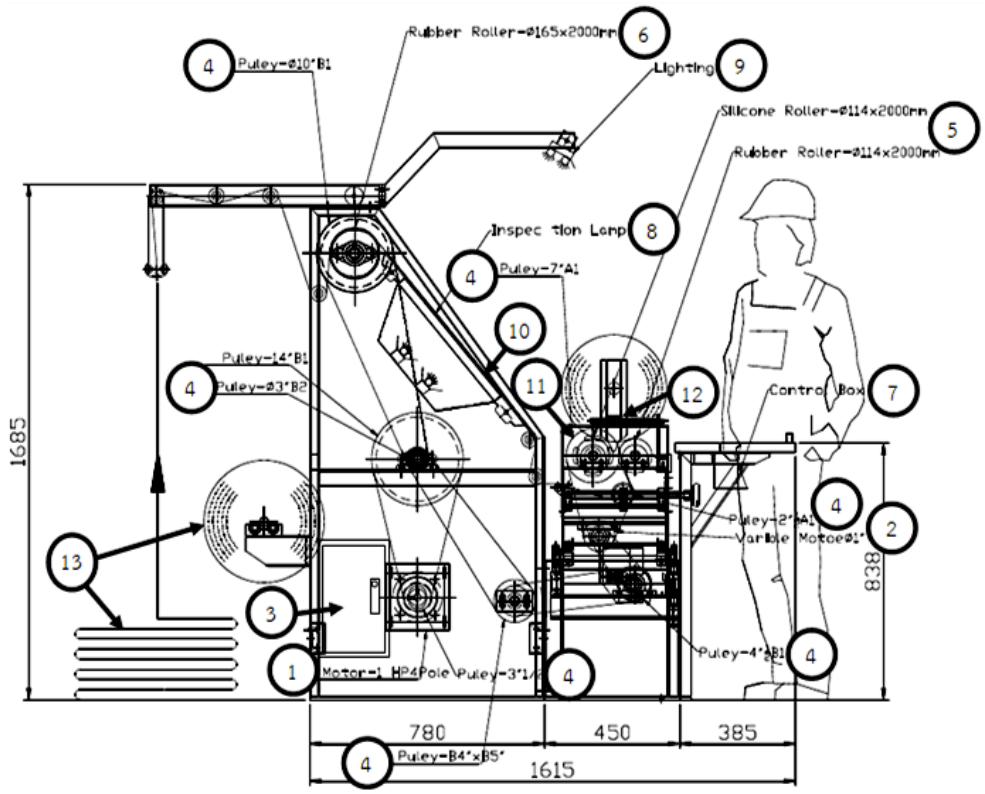


ภาพที่ 2 แบบชิ้นส่วนมู่เลย์ทั้งหมด ของเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติที่สร้าง

3) การออกแบบคำนวณขนาดของสายพาน

ในส่วนนี้ เป็นการออกแบบคำนวณขนาดความยาวของสายพาน (Length: L) จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เลย์ต้นกำลัง (M_P) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมู่เลย์ของโหลด (L_P) และระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของมู่เล่ย์ทั้งสองตัว (C) ดังสมการที่ 3 (MISUMI Thailand, 2563) โดยเลือกใช้สายพานตัววี (V-Belts) เนื่องจากมีอัตราการเร่งที่ดีกว่าโซ่ บำรุงรักษาได้ง่าย มีค่าใช้จ่ายต่ำ รับแรงกระชากได้ดี ทนต่อแรงสั่นสะเทือน และสามารถใช้งานได้ดี กับงานที่มีความเร็วรอบไม่สูงมากนัก (atom, 2563 และ 12).

$$L = 2C + \frac{\pi\left(M_P + L_P\right)}{2} + \frac{\left(M_P - L_P\right)^2}{4C} \quad (3)$$



ภาพที่ 3 โครงสร้างด้านข้าง เครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ แบบตรวจผ้า 2 หน้า ม้วนผ้า คลายความตึง พร้อมกับจับริมผ้าอัตโนมัติ

จากภาพที่ 3 เป็นแบบโครงสร้างของเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ แบบตรวจผ้า 2 หน้า ม้วนผ้า คลายความตึง พร้อมกับจับริมผ้าอัตโนมัติที่ผ่านการออกแบบตามหลักทางวิศวกรรม ตัวเครื่องมีขนาดความกว้าง 2.15 เมตร ลึก 2 เมตร สูง 1.68 เมตร ควบคุมการทำงานทั้งหมดด้วย PLC (Programmable logic Control) ยี่ห้อ FATEK รุ่น FBs 20 MAR ส่งกำลังขับเคลื่อนชุดมู่เล่ย์และลูกกลิ้งสำหรับม้วนเก็บผ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 114 มิลลิเมตร จำนวน 2 ลูก และ 165 มิลลิเมตร จำนวน 1 ลูก ด้วยมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส (Induction Motor 3 phase) ขนาด 1 แรงม้า สามารถปรับความเร็วรอบมอเตอร์หรือความเร็วการม้วนเก็บผ้าด้วยอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ยี่ห้อ FUJI รุ่น FRN0.75C1S-4A ขนาด 1 แรงม้า 0.75 กิโลวัตต์ ซึ่งมีรายละเอียดและตำแหน่งการติดตั้งของอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

หมายเลข 1 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับม้วนเก็บผ้า (Induction Motor 3 phase) ขนาด 1 แรงม้า
หมายเลข 2 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับปรับริมผ้า (Induction Motor 3 phase) ขนาด 0.5 แรงม้า
หมายเลข 3 ตู้ควบคุมวงจรไฟฟ้า
- PLC (Programmable logic Control) ยี่ห้อ FATEK รุ่น FBs 20 MAR
- อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ยี่ห้อ FUJI รุ่น FRN0.75C1S-4A ขนาด 1 แรงม้า 0.75 กิโลวัตต์
- Molded Case Circuit Breaker (MCCB) ยี่ห้อ MISUBISHI รุ่น NF30 CS 3P 20 A
- Miniature Power Relay ยี่ห้อ Omron รุ่น MY4N-GS 220/240 VAC

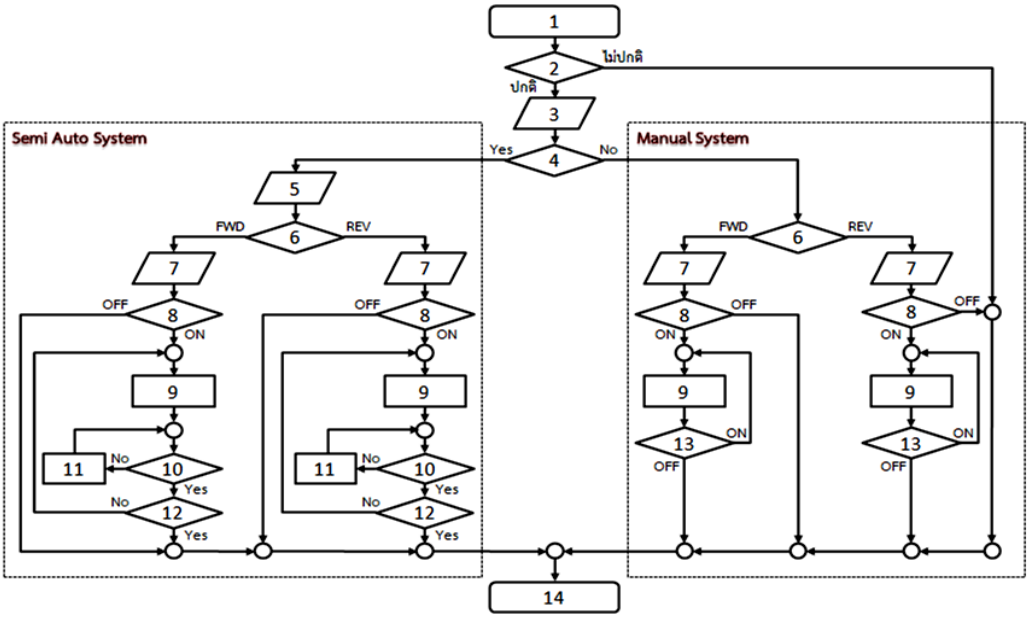
หมายเลข 4 ชุดมู่เล่ย์ ขนาดต่างๆ
หมายเลข 5 ลูกกลิ้งสำหรับม้วนเก็บผ้า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 114 มิลลิเมตร
หมายเลข 6 ลูกกลิ้งสำหรับป้อนผ้า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 165 มิลลิเมตร
หมายเลข 7 Control Box หรือกล่องสวิตช์ควบคุมการทำงาน สำหรับผู้ใช้งาน
- Push Button Reset System
- Emergency Stop Button

- Push Button ON-OFF แบบ กดติดปล่อยดับ และมีไฟ LED
- Selector Switch 2 ตำแหน่ง สำหรับ Reverse-Forward Motor
- Main Speed Volume VR-3k สำหรับปรับความเร็วรอบของมอเตอร์หลักม้วนเก็บผ้า
- Selector Switch 2 ตำแหน่ง สำหรับเปิด-ปิดการใช้งาน Sensor วัดรอบ

หมายเลข 8 หลอดไฟ Fluorescent ยี่ห้อ PHILIPS รุ่น TL-D ขนาด 58W สำหรับส่องตรวจผ้าด้านหลัง
หมายเลข 9 หลอดไฟ Fluorescent ยี่ห้อ PHILIPS รุ่น TL-D ขนาด 58W สำหรับส่องตรวจผ้าด้านหน้า
หมายเลข 10 Digital Counter ยี่ห้อ Autento รุ่น AMD C-61K สำหรับกำหนดความยาวผ้า
หมายเลข 11 Measuring Wheel Encoder ยี่ห้อ HONEST สำหรับวัดความยาวผ้า
หมายเลข 12 Photo Switch Sensor แบบก้ามปู สำหรับตรวจจับริมผ้า
หมายเลข 13 ตำแหน่งป้อนผ้าที่ต้องการม้วนเก็บ ในรูปแบบพับหรือม้วน

2. การออกแบบฟังก์ชันการทำงาน

ในการออกแบบฟังก์ชันการทำงานของเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ แบบตรวจผ้า 2 หน้า ม้วนผ้า คลายความตึง พร้อมกับจับริมผ้าอัตโนมัติ จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงการใช้งานที่เหมาะสมสำหรับผู้ปฏิบัติงาน และมีฟังก์ชันการทำงานใกล้เคียงกับเครื่องที่มีขายตามท้องตลาด โดยสามารถนำฟังก์ชันการทำงานที่มีลำดับขั้นตอน ไปทำการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ ในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 4 ฟังก์ชันการทำงานของเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ แบบตรวจผ้า 2 หน้า ม้วนผ้า คลายความตึง พร้อมกับจับริมผ้าอัตโนมัติ

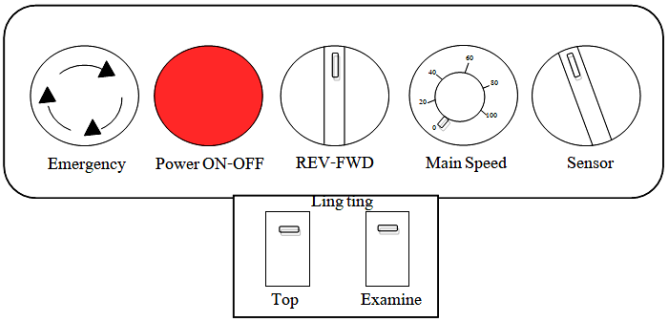
จากภาพที่ 4 เป็นฟังก์ชันการทำงานของเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ แบบตรวจผ้า 2 หน้า ม้วนผ้า คลายความตึง พร้อมกับจับริมผ้าอัตโนมัติ ซึ่งสามารถแบ่งระบบการทำงานของเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ ได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ระบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi-Automatic System) เป็นแบบม้วนเก็บผ้าตามความยาวที่กำหนดและปรับริมผ้าอัตโนมัติ กึ่งตรวจผ้า 2 หน้า และคลายความตึงด้วยมือ โดยการกดสวิตช์ควบคุมที่ Control Box หรือกล่องสวิตช์ควบคุมการทำงาน (หมายเลข 7) ดังรูปที่ 5

ส่วนที่ 2 ระบบทำด้วยมือ (Manual System) เป็นแบบม้วนเก็บผ้า ตรวจผ้า 2 หน้า และคลายความตึงด้วยมือ หรือการกดสวิตช์ควบคุมที่ Control Box หรือกล่องสวิตช์ควบคุมการทำงาน (หมายเลข 7) ทั้งหมด ดังภาพที่ 5

ทั้งนี้ ในส่วนของขั้นตอนการทำงานของเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ แบบตรวจผ้า 2 หน้า ม้วนผ้า คลายความตึง พร้อมกับจับริมผ้าอัตโนมัติ ทั้ง 2 ระบบ สามารถเรียงลำดับขั้นตอนการทำงานตามตัวเลขดังรูปที่ 4 ได้ดังนี้

1) On Circuit Breaker Main ที่ตู้ควบคุมวงจรไฟฟ้า (หมายเลข 3)
2) ตรวจสอบสถานะของ Emergency Stop Button อยู่ในสถานะปกติหรือไม่ (ปกติ-ไม่ปกติ) (หมายเลข 7)
3) ติดตั้งผ้าที่ต้องการม้วนเก็บผ้า (หมายเลข 13)
4) ตั้งค่าใช้งาน Sensor วัดรอบและตรวจจับริมผ้า หรือไม่ (Yes-No) (หมายเลข 7)
5) ตั้งค่าความยาวผ้าที่ต้องการม้วนเก็บ (หมายเลข 10)
6) ตั้งค่าทิศทางการม้วนเก็บผ้า (Forward: FWD-Reverse: REV) (หมายเลข 7)
7) ตั้งค่าความเร็วรอบของมอเตอร์หลัก สำหรับม้วนเก็บผ้า (หมายเลข 7)
8) กดปุ่ม ON-OFF เริ่มการทำงานของมอเตอร์หลัก เพื่อทำการม้วนเก็บผ้า (ON-OFF) (หมายเลข 7)
9) มอเตอร์หลักหมุนตามทิศทางที่กำหนดในขั้นตอนที่ 6 (หมายเลข 1)
10) Photo Switch Sensor ตรวจจับริมผ้า ตรงหรือไม่ (Yes-No) (หมายเลข 12)
11) มอเตอร์สำหรับปรับริมผ้าให้ตรง เคลื่อนที่ ซ้าย-ขวา อัตโนมัติ (หมายเลข 2)
12) Encoder ตรวจจับความยาวผ้า ได้ขนาดตามที่กำหนดในขั้นตอนที่ 5 หรือไม่ (Yes-No) (หมายเลข 11)
13) กดปุ่ม ON-OFF หยุดการทำงานของมอเตอร์หลัก เพื่อหยุดทำการม้วนเก็บผ้า (ON-OFF) (หมายเลข 7)
14) สิ้นสุดการทำงาน

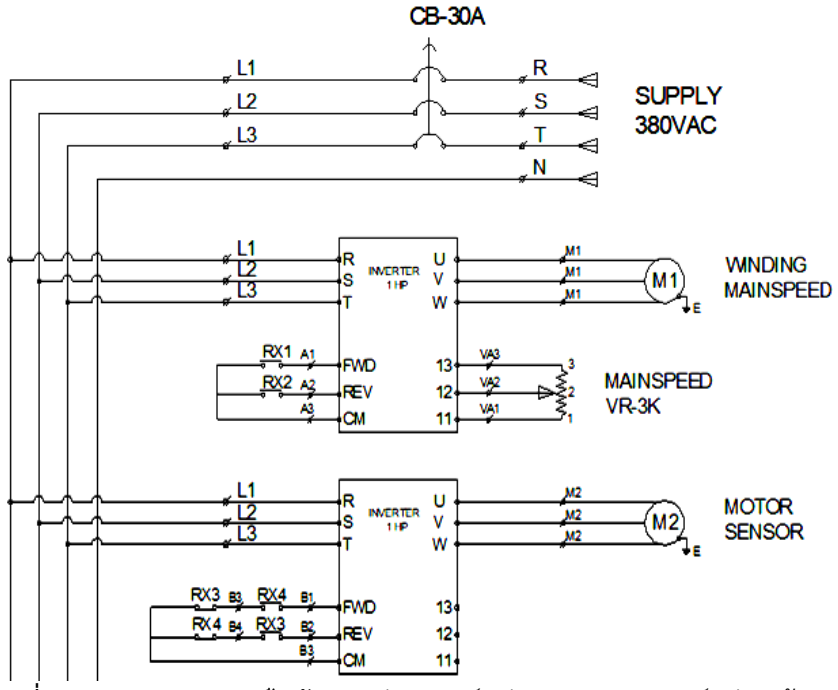


ภาพที่ 5 Control Box หรือกล่องสวิตช์ควบคุมการทำงาน สำหรับผู้ใช้งาน

3 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน

ในการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ แบบตรวจผ้า 2 หน้า ม้วนผ้า คลายความตึง พร้อมกับจับริมผ้าอัตโนมัติ จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงฟังก์ชันการทำงานและโครงสร้างของเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติที่ออกแบบไว้ ให้สัมพันธ์กัน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ส่วน ดังนี้

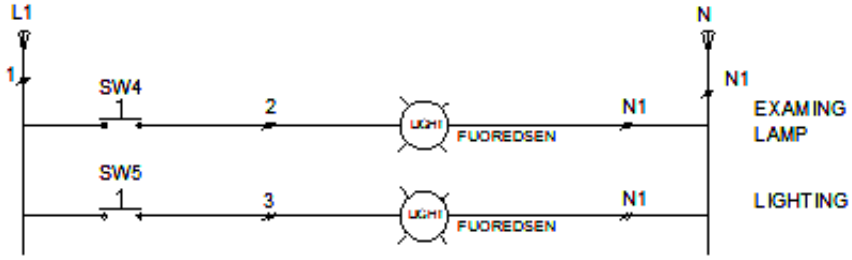
ส่วนที่ 1 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นวงจรไฟฟ้าที่ใช้สำหรับควบคุมเฟสของแรงดันไฟฟ้า ความถี่ไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์หลัก (M1) และมอเตอร์ปรับริมผ้า (M2) ซึ่งสามารถปรับความเร็วรอบและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้ ผ่าน Inverter 1 แรงม้า ที่รับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับอยู่ที่ 380 โวลต์ 3 เฟส โดยการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ M1 ด้วย Miniature Power Relay (RX1-RX2) จาก Selector Switch 2 ตำแหน่ง ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ M2 ด้วย Miniature Power Relay (RX3-RX4) จาก Sensor ตรวจจับริมผ้า และควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ M1 ด้วย Main Speed Volume VR-3k ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า สำหรับมอเตอร์หลัก (M1) และมอเตอร์ปรับริมผ้า (M2)

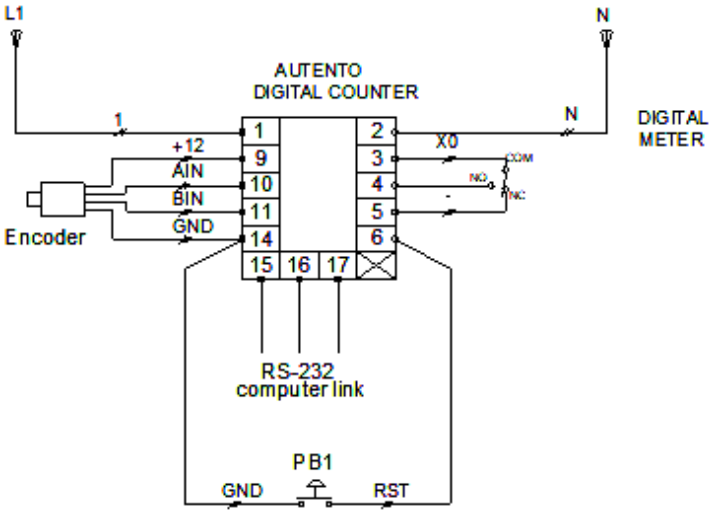
จากภาพที่ 6 จะเห็นได้ว่า วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์หลัก (M1) และมอเตอร์ปรับริมผ้า (M2) มีความแตกต่างกัน โดยที่วงจรควบคุมมอเตอร์หลัก (M1) ไม่มี Interlock ซึ่งต่างกับวงจรควบคุมมอเตอร์ปรับริมผ้า (M2) ที่มี Interlock เนื่องจากการควบคุมการกลับทางหมุนของมอเตอร์หลัก (M1) เป็นการสั่งงานแบบระบบ Manual โดยมี Selector Switch ทำหน้าที่เป็น Interlock ในตัว ควบคุมผ่าน Miniature Power Relay (RX1-RX2) ส่วนวงจรมอเตอร์ปรับริมผ้า (M2) เป็นการสั่งงานแบบระบบ Automatic โดยมี Sensor ตรวจจับริมผ้า ทำหน้าที่ควบคุม Miniature Power Relay (RX3-RX4) ให้กลับทางหมุนอยู่ตลอดเวลา อีกทั้ง Sensor ตรวจจับริมผ้า มีความไวต่อการสั่งงานเป็นอย่างมาก เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการกลับเฟสแบบกะทันหัน จึงจำเป็นที่จะต้องมี Interlock เข้ามาช่วยในการป้องกันการลัดวงจร โดยการเพิ่มหน้าสัมผัสปกติปิด (Normally Close: NC) ของ Miniature Power Relay (RX3-RX4) เข้าไปในวงจร

ส่วนที่ 2 วงจรควบคุมไฟส่องตรวจผ้า 2 หน้า เป็นวงจรไฟฟ้าที่ใช้สำหรับควบคุม เปิด-ปิด หลอดไฟ Fluorescent เพื่อส่องตรวจผ้าด้านหน้า และส่องตรวจผ้าด้านหลัง ด้วยมือ ผ่าน SW4 และ SW5 ดังรูปที่ 7



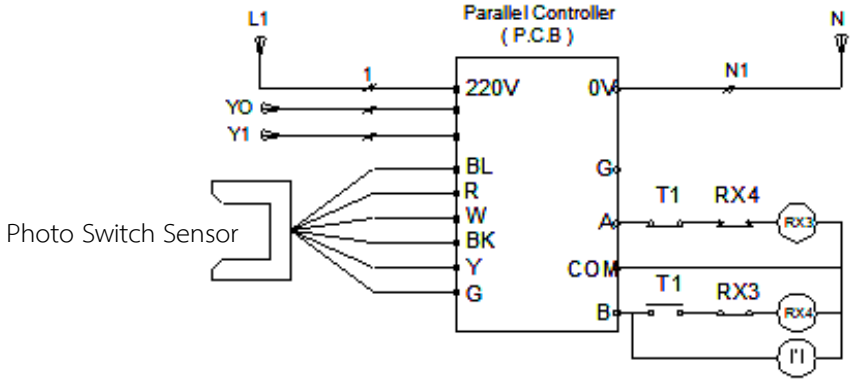
ภาพที่ 7 วงจรควบคุมไฟส่องตรวจผ้า 2 หน้า

ส่วนที่ 3 วงจรตรวจวัดความยาวผ้า เป็นวงจรไฟฟ้าที่ใช้สำหรับตรวจวัดความยาวผ้า โดยการใช้ Measuring Wheel Encoder ส่งสัญญาณ Pulse ที่เป็นสัญญาณ Output ไปยัง Digital Counter เพื่อประมวลผลเป็นความยาวของผ้าผ่าน Order Code และเมื่อได้ความยาวผ้าที่กำหนด Digital Counter จะทำการส่งสัญญาณ Digital ไปยัง PLC (X0) เพื่อหยุดการทำงานของมอเตอร์หลัก (M1) อัตโนมัติ ดังภาพที่ 8



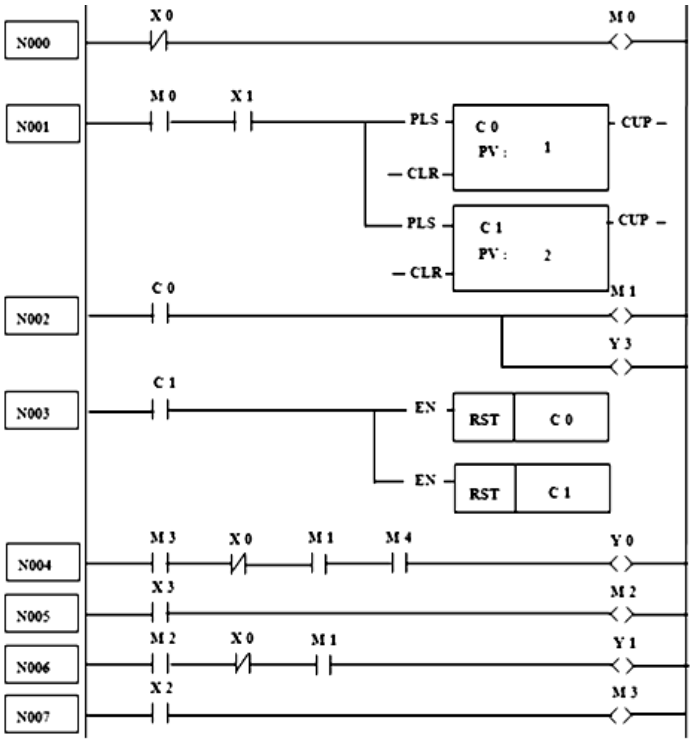
ภาพที่ 8 วงจรตรวจวัดความยาวผ้า

ส่วนที่ 4 วงจรตรวจจับริมผ้า เป็นวงจรไฟฟ้าที่ใช้สำหรับตรวจจับริมผ้าให้ตรงตามแนวกำหนดไว้ตามตาม ตำแหน่งของ Photo Switch Sensor แบบก้ามปู 2 Sensor โดยการส่งสัญญาณ Digital ไปยัง PLC (Y0 และ Y1) เพื่อกลับทางหมุนของมอเตอร์ปรับริมผ้า (M2) อัตโนมัติ ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 วงจรตรวจจับริมผ้า

ส่วนที่ 5 Ladder Diagram ของ PLC (Programmable logic Control) เป็นชุดคำสั่งโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ในเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ เป็นรูปแบบสัญลักษณ์ ซึ่งสามารถเขียนเป็น Ladder Diagram ได้ดังรูปที่ 10 ซึ่งมีหลักการทำงานตามฟังก์ชันที่ออกแบบไว้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 10 Ladder Diagram ของเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ

ภาพที่ 11 เครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติสมบูรณ์

จากภาพที่ 11 เป็นเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ แบบตรวจผ้า 2 หน้า ม้วนผ้า คลายความตึง พร้อมกับจับริมผ้าอัตโนมัติ ที่ได้ออกแบบและสร้างเสร็จสมบูรณ์

ทดสอบและเก็บผลการทำงานของเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ

ในส่วนนี้เป็นการทดสอบและเก็บผลการทำงานจริง ของเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ แบบตรวจผ้า 2 หน้า ม้วนผ้า คลายความตึง พร้อมกับจับริมผ้าอัตโนมัติ ที่ได้ออกแบบและสร้างเสร็จสมบูรณ์ โดยการเปรียบเทียบการม้วนเก็บผ้าระหว่างเครื่องม้วนผ้าทำด้วยมือ (Manual System) แรงงานทั้งหมด 4 คน กับเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติที่สร้าง (Semi-Automatic System) แรงงานทั้งหมด 1 คน และสามารถปรับระดับความเร็วรอบการม้วนได้ตั้งแต่ 1-100 รอบต่อนาที (rpm) โดยผ้าที่ใช้ในการ

ทดสอบเป็นชนิดเส้นด้ายโพลีเอสเตอร์ (Polyester) โครงสร้างแบบ DTY (เส้นด้ายที่มีพื้นผิวแบบดึง) ผสมกับ POY (เส้นด้ายที่เน้นบางส่วน) (KYANG YHE,2563) อีกทั้งยังเปรียบเทียบความยาวผ้าที่ใช้ในการม้วนเก็บผ้าที่ 20 และ 50 หลาต่อม้วน ซึ่งมีรายละเอียดและรูปแบบการทดสอบ และเก็บผลการทำงานของเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ ดังนี้

1 ทดสอบ และเก็บผลเวลาที่ใช้ในการม้วนเก็บผ้าจริงต่อม้วน ที่ความยาว 20 และ 50 หลา โดยการจับเวลาตั้งแต่เริ่มเดินเครื่องการม้วนเก็บผ้าจริง (t1) จนกระทั่งได้ความยาวผ้าที่ต้องการ (t2) เปรียบเทียบระหว่าง Manual System กับ Semi-Automatic System ด้วยอุปกรณ์จับเวลา

2 ทดสอบ และเก็บผลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการม้วนเก็บผ้าจริงต่อม้วน ที่ความยาว 20 และ 50 หลา โดยการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า (V_{Line}) กระแสไฟฟ้า (I_{Line}) กำลังไฟฟ้า ($P^{Load}_{y,m,d,t}$) เทียบกับเวลาที่ใช้ในการม้วนเก็บผ้าจริงต่อม้วน (t1 ถึง t2) จากข้อที่ 4.1 และคำนวณเป็นค่าพลังงานไฟฟ้า (E^{Total}) ทุกๆ 15 นาที ($\Delta t=0.25$) ดังสมการที่ 4 และ 5 (ปณต, 2562) เปรียบเทียบกันระหว่าง Manual System กับ Semi-Automatic System ด้วยอุปกรณ์วัดค่าทางไฟฟ้า SEW 2660CL AC/DC Digital Clamp Meter (600A)

$$P^{Load} = \sqrt{3} \times V_{Line} \times I_{Line} \times COS\theta \quad (4)$$

$$E^{Total} = \sum_{t1}^{t2} (P^{Load}_{y,m,d,t}) \times \Delta t \quad (5)$$

3 ทดสอบ และเก็บผลความยาวผ้าที่ได้หลังจากการม้วนเก็บผ้าจริงเสร็จต่อม้วน ที่ความยาว 20 และ 50 หลา โดยการวัดค่าความยาวผ้าที่ได้หลังจากม้วนเก็บผ้าเสร็จ และคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของความยาวผ้า เปรียบเทียบกันระหว่าง Manual System กับ Semi-Automatic System ด้วยอุปกรณ์วัดความยาว

4 คำนวณหาภาระค่าใช้จ่ายในการม้วนเก็บผ้าจริงต่อม้วน (Cm) ซึ่งจะคำนวณจาก ค่าแรงขั้นต่ำของแรงงาน ที่ 350 บาทต่อวัน (NMW) เวลาทำงานทั้งหมด 8 ชั่วโมงต่อวัน (T) โดยมีจำนวนคนงาน (Np) สำหรับควบคุมเครื่องม้วนผ้า Manual System จำนวน 4 คน เปรียบเทียบกับ Semi-Automatic System จำนวน 1 คน และคำนวณจากค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการม้วนเก็บผ้าจริงต่อม้วน (E^{Total}) ตามอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้งาน (Time of Use Tariff: TOU Tariff) ของกิจการขนาดเล็ก ประเภทที่ 2.2 ที่ช่วงเวลา On Peak ระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์ ราคา 5.7982 บาทต่อหน่วย (TOU^{Rate}) [15] ดังสมการที่ 6

$$Cm = \left(\frac{NMW \times Np}{T} \times (t2 - t1) \right) + \left(\frac{E^{Total}}{1,000} \times TOU^{Rate} \right) \quad (6)$$

5 วิเคราะห์จุดคุ้มทุนการม้วนเก็บผ้าจริงต่อม้วน (BEP) ที่ราคาต้นทุนการสร้างเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ 135,000 บาท (Fixed Expenses: FE) สามารถคำนวณหาจำนวนม้วนผ้าที่ทำให้คุ้มทุนได้จาก ภาระค่าใช้จ่ายในการม้วนเก็บผ้าจริงต่อม้วนของเครื่องม้วนผ้าแบบ Semi-Automatic System ($Cm^{Semi_Automatic}$) ที่สามารถลดภาระค่าใช้จ่ายในการม้วนเก็บผ้าจริงได้จากการใช้งานเครื่องม้วนผ้าแบบ Manual System (Cm^{Manual}) ดังสมการที่ 7

$$BEP = \frac{FE}{Cm^{Manual} - Cm^{Semi_Automatic}} \quad (7)$$

ตารางที่ 1 ผลการใช้งานเครื่องม้วนผ้าแบบ Semi-Automatic System ที่สร้าง เทียบกับเครื่องม้วนผ้าแบบ Manual System

Manual /Semi-Automatic (rpm)	เวลาในการม้วนเก็บผ้า (นาที:วินาที/ม้วน)		พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป (วัตต์ชั่วโมง/ม้วน)		ความคลาดเคลื่อนของความยาวผ้า (%/ม้วน)		ภาระค่าใช้จ่ายในการม้วนเก็บผ้า (บาท/ม้วน)		จำนวนม้วนผ้าที่ทำให้คุ้มทุน (ม้วน)	
	20 หลา	50 หลา	20 หลา	50 หลา	20 หลา	50 หลา	20 หลา	50 หลา	20 หลา	50 หลา
Manual	45:11	75:34	-	-	5.00	4.00	131.78	220.40	-	-
10 rpm	10:47	26:53	106.51	266.29	2.06	1.11	8.49	21.23	1,095	678
20 rpm	05:40	14:36	59.90	154.86	1.96	1.07	4.46	11.53	1,060	646
30 rpm	03:51	12:52	36.21	121.07	1.96	0.79	3.01	10.06	1,048	642
40 rpm	02:49	06:48	30.87	74.22	1.57	0.68	2.24	5.37	1,042	628
50 rpm	02:13	05:44	25.98	66.72	1.09	0.71	1.77	4.54	1,038	625
60 rpm	01:48	04:31	24.58	61.45	0.99	0.95	1.46	3.64	1,036	623
70 rpm	01:31	03:53	22.76	59.17	2.15	0.99	1.23	3.19	1,034	622
80 rpm	01:18	03:46	25.46	72.92	2.06	1.19	1.11	3.18	1,033	621
90 rpm	01:10	02:53	23.10	58.37	2.53	1.19	0.97	2.44	1,032	619
100 rpm	01:07	02:49	22.59	57.73	2.53	1.19	0.92	2.35	1,032	619

จากตารางที่ 1 เป็นผลการใช้งานเครื่องม้วนผ้าแบบ Semi-Automatic System ที่สร้าง เปรียบเทียบกับเครื่องม้วนผ้าแบบ Manual System ซึ่งสามารถแบ่งส่วนการวิเคราะห์ผลการทดลองต่างๆ ได้ 5 ส่วน ดังนี้

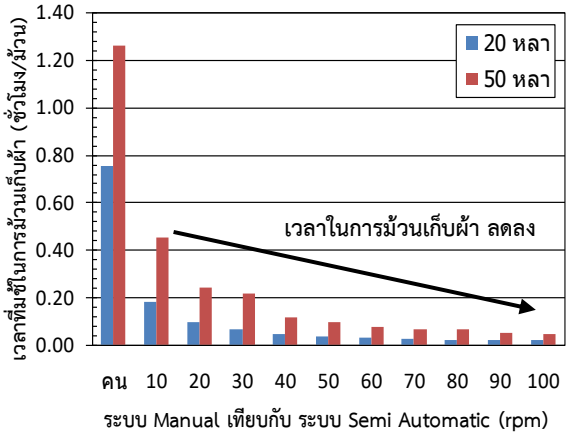
ส่วนที่ 1 เวลาที่ใช้ในการม้วนเก็บผ้าจริงต่อม้วน จะเห็นได้ว่า เครื่องม้วนผ้าแบบ Manual System ใช้เวลานานกว่าเครื่องม้วนผ้าแบบ Semi-Automatic System เฉลี่ยถึง 24 เท่า หรือ 22 นาทีต่อม้วน ที่ความยาวผ้า 20 หลา และ 15 เท่า หรือ 68 นาทีต่อม้วน ที่ความยาวผ้า 50 หลา ซึ่งความเร็วรอบของเครื่องม้วนผ้าแบบ Semi-Automatic System มีผลต่อเวลาการม้วนเก็บผ้า ยิ่งความเร็วรอบเพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการม้วนเก็บผ้าก็ยิ่งลดลง ดังภาพที่ 12

ส่วนที่ 2 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการม้วนเก็บผ้าจริงต่อม้วน จะเห็นได้ว่า เครื่องม้วนผ้าแบบ Manual System ไม่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า เนื่องจากเป็นเครื่องที่ต้องใช้แรงคน ในการเดินเครื่องให้ทำงาน แต่เครื่องม้วนผ้าแบบ Semi-Automatic System จะใช้พลังงานไฟฟ้าในการเดินเครื่องให้ทำงาน ซึ่งความเร็วรอบของเครื่องม้วนผ้าแบบ Semi-Automatic System มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า ยิ่งความเร็วรอบมอเตอร์หลัก (M1) เพิ่มขึ้น พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จะลดลง เนื่องจากเวลาในการม้วนเก็บผ้าจริงต่อม้วนลดลง จึงทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการม้วนเก็บผ้าก็ลดลงตามไปด้วย ดังภาพที่ 13

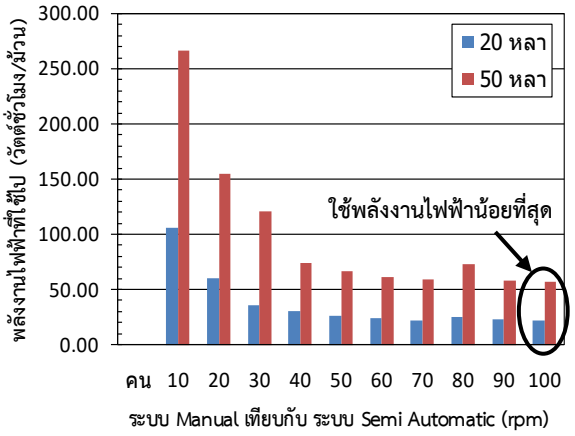
ส่วนที่ 3 ความคลาดเคลื่อนของความยาวผ้าที่ได้หลังจากการม้วนเก็บผ้าจริงเสร็จต่อม้วน จะเห็นได้ว่า เครื่องม้วนผ้าแบบ Manual System มีค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่า การม้วนเก็บผ้าด้วยเครื่องม้วนผ้าแบบ Semi-Automatic System เฉลี่ยถึง 3 เท่า ที่ความยาวผ้า 20 หลา และ 5 เท่า ที่ความยาวผ้า 50 หลา ซึ่งความเร็วรอบของมอเตอร์หลัก (M1) ที่เหมาะสมของเครื่องม้วนผ้าแบบ Semi-Automatic System จะอยู่ที่ 60 rpm ที่ความยาวผ้า 20 หลา และ 40 rpm ที่ความยาวผ้า 50 หลา ดังภาพที่ 14 จะเห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของความยาวผ้าที่ม้วนเก็บได้น้อยที่สุด ในแต่ละความเร็วรอบของมอเตอร์หลัก (M1) จะอยู่ในช่วง 40 - 60 rpm เนื่องจาก หากม้วนเก็บผ้าในความเร็วรอบของมอเตอร์หลัก (M1) น้อยกว่า 40 rpm จะส่งผลทำให้เกิดการหย่อนยานของผ้า อีกทั้งยังทำให้ม้วนผ้าที่เก็บได้ มีอาการหลวมหรือไม่แน่น ซึ่งจะทำให้ความยาวของผ้าที่ม้วนเก็บได้มีความยาวมากกว่าที่ต้องการ และหากม้วนเก็บผ้าในความเร็วรอบของมอเตอร์หลัก (M1) มากกว่า 60 rpm จะส่งผลทำให้เกิดการตึงของผ้า อีกทั้งยังทำให้ม้วนผ้าที่เก็บได้ มีอาการแน่นรัด ซึ่งจะทำให้ความยาวของผ้าที่ม้วนเก็บได้มีความยาวมากกว่าที่ต้องการเช่นกัน ดังนั้นวิธีการแก้ไขควรออกแบบหรือปรับปรุงระบบ Mechanism หรือกลไกการ feed หรือการป้อนผ้า ให้สามารถม้วนเก็บผ้าได้ในทุกระดับความเร็วรอบของมอเตอร์หลัก (M1)

ส่วนที่ 4 ภาระค่าใช้จ่ายในการม้วนเก็บผ้าจริงต่อม้วน จะเห็นได้ว่า เครื่องม้วนผ้าแบบ Manual System มีภาระค่าใช้จ่ายมากกว่าเครื่องม้วนผ้าแบบ Semi-Automatic System เฉลี่ยถึง 82 เท่า หรือ 130 บาทต่อม้วน ที่ความยาวผ้า 20 หลา และ 53 เท่า หรือ 214 บาทต่อม้วน ที่ความยาวผ้า 50 หลา เนื่องจากเครื่องม้วนผ้าแบบ Manual System ใช้คนงานควบคุมเครื่องถึง 4 คน ซึ่งมากกว่าเครื่องม้วนผ้าแบบ Semi-Automatic System ถึง 3 คนด้วยกัน โดยที่ ยิ่งความเร็วรอบของมอเตอร์หลัก (M1) ของเครื่องม้วนผ้าแบบ Semi-Automatic System เพิ่มขึ้น ภาระค่าใช้จ่ายในการม้วนเก็บผ้าจริงต่อม้วนก็จะลดลงตามไปด้วย ดังภาพที่ 15

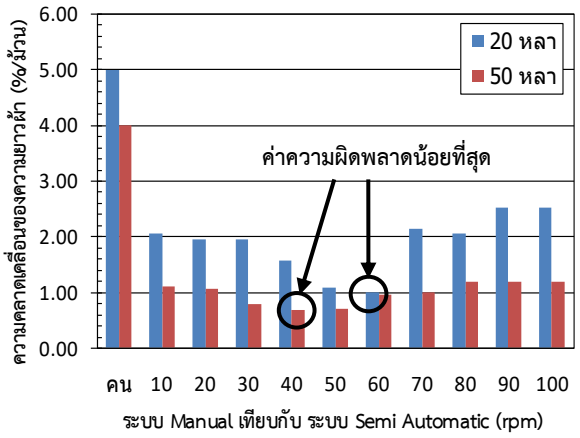
ส่วนที่ 5 จุดคุ้มทุนการม้วนเก็บผ้าจริงต่อม้วน จะเห็นได้ว่า ยิ่งความเร็วรอบของมอเตอร์หลัก (M1) ของเครื่องม้วนผ้าแบบ Semi-Automatic System เพิ่มขึ้น จำนวนม้วนผ้าที่ทำให้คุ้มทุนก็จะน้อยลงด้วยเช่นกัน ซึ่งจำนวนม้วนผ้าที่ทำให้คุ้มทุนจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,045 ม้วน ที่ความยาวผ้า 20 หลา และ 632 ม้วน ที่ความยาวผ้า 50 หลา ดังภาพที่ 16



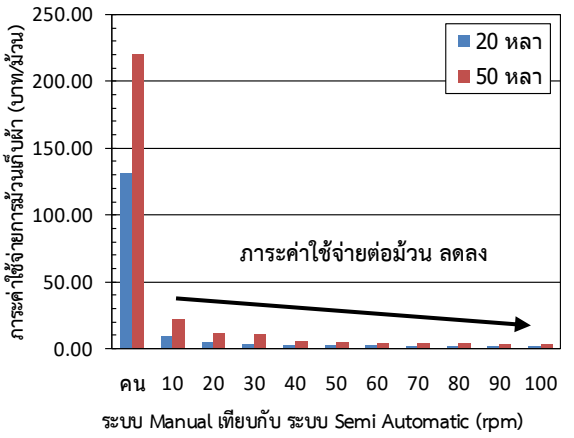
ภาพที่ 12 เวลาที่ใช้ในการม้วนเก็บผ้าจริงต่อม้วน



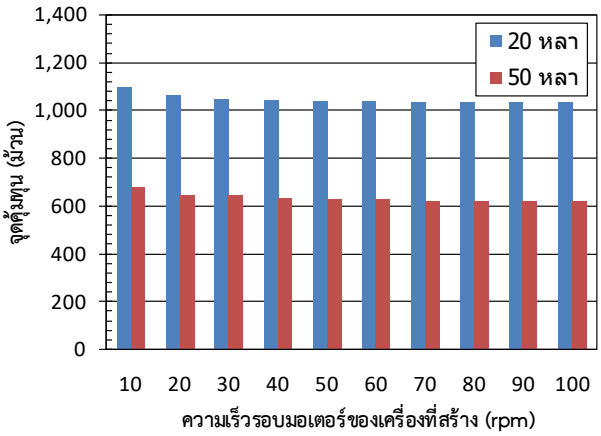
ภาพที่ 13 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการม้วนเก็บผ้าจริงต่อม้วน



ภาพที่ 14 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของความยาวผ้า



ภาพที่ 15 ภาระค่าใช้จ่ายการม้วนเก็บผ้าจริงต่อม้วน



ภาพที่ 16 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของความยาวผ้า

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติ แบบตรวจผ้า 2 หน้า ม้วนผ้า คลายความตึง พร้อมกับจับริมผ้าอัตโนมัติ (Semi-Automatic System) เปรียบเทียบกับเครื่องม้วนผ้าแบบทำด้วยมือ (Manual System) พบว่าเครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติที่สร้าง สามารถลดเวลาการม้วนเก็บผ้าได้ เฉลี่ยถึง 22 นาทีต่อม้วน ที่ความยาวผ้า 20 หลา และ 68 นาทีต่อม้วน ที่ความยาวผ้า 50 หลา สามารถลดจำนวนคนงานได้ถึง 3 คน จากเดิม 4 คน สามารถลดความคลาดเคลื่อนของความยาวผ้าที่ได้ หลังจากการม้วนเก็บผ้าจริงเสร็จ เหลือเพียง 3-4% ต่อม้วนโดยเฉลี่ย จากเดิมอยู่ที่ 5% ต่อม้วน ซึ่งความเร็วรอบการม้วนเก็บผ้าที่เหมาะสม จะอยู่ที่ 60 rpm ที่ความยาวผ้า 20 หลา และ 40 rpm ที่ความยาวผ้า 50 หลา เนื่องจากมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ทั้งนี้ เครื่องม้วนผ้ากึ่งอัตโนมัติที่ออกแบบสร้าง ยังสามารถลดภาระค่าใช้จ่ายในการม้วนเก็บผ้าจริงได้เฉลี่ยถึง 130 บาทต่อม้วน ที่ความยาวผ้า 20 หลา และ 214 บาทต่อม้วน ที่ความยาวผ้า 50 หลา เป็นผลทำให้จุดคุ้มทุนหรือจำนวนการม้วนเก็บผ้าที่คุ้มทุน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,045 ม้วน ที่ความยาวผ้า 20 หลา และ 632 ม้วน ที่ความยาวผ้า 50 หลา โดยมีราคาต้นทุนการสร้างอยู่ที่ 135,000 บาท

เอกสารอ้างอิง

[1] ประเทศไทย 4.0 โมเดลขับเคลื่อนประเทศไทยเข้าสู่ความมั่งคั่งมั่นคงและยั่งยืน. (2560). ส.ค.ส. กองบริหารงานวิจัยและประกันคุณภาพการศึกษา: พิมพ์เขียว. (พฤศจิกายน 2559).

[2] 10 อุตสาหกรรมเป้าหมาย กลไกขับเคลื่อนเศรษฐกิจเพื่ออนาคต (NEW ENGINE OF GROWTH). (พิมพ์ครั้งที่ 1). สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม: กลุ่มประชาสัมพันธ์และบริการห้องสมุด สำนักบริหารกลาง. (กุมภาพันธ์ 2560).

[3] อุตสาหกรรมเป้าหมายใหม่ ขับเคลื่อนกลไกเศรษฐกิจเพื่ออนาคต. กรุงไทย. สืบค้น 27 มิถุนายน 2563, จาก https://sme.ktb.co.th/sme/productListAction.action?command=getDetail&cateMenu=KNOWLEDGE&cateId=42&itemId=238

[4] อุตสาหกรรมหุ่นยนต์ของประเทศไทย. (2559). ฝ่ายวิจัยนโยบาย สวทช.

[5] ถวิดา มณีวรรณ์. (2559). ทิศทางอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ในประเทศไทย. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวท.). สืบค้น 27 มิถุนายน 2563, จาก http://www.istrsjournal.org/?p=1429

[6] สมประวิณ มันประเสริฐ. (2562). อุตสาหกรรมหุ่นยนต์ กับระบบเศรษฐกิจไทย. SMART EEC (5 พฤศจิกายน 2562). สืบค้น 27 มิถุนายน 2563, จาก https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/853163

[7] T.PAIROJ SEWING. เครื่องจักรสำหรับงานการ์เม้นท์และสิ่งทอ. สืบค้น 27 มิถุนายน 2563, จาก http://www.tpairoj.com/thai/index.php

[8] สูตรคำนวณฉบับย่อ หาค่ากำลังขับมอเตอร์ในงานสายพานลำเลียง. (2560). TN Group. สืบค้น 27 มิถุนายน 2563, จาก https://www.tngroup.co.th/media/article_detail/174

[9] สูตรคำนวณ หาขนาดมู่เลย์และความยาวของสายพาน. (2560). TN Group. สืบค้น 27 มิถุนายน 2563, จาก https://www.tngroup.co.th/media/article_detail/264

[10] การเลือกใช้สายพานไทม์มิ่ง (Sizing Timing Belts and Pulleys). MISUMI Thailand. สืบค้น 27 มิถุนายน 2563, จาก https://th.misumi-ec.com/pr/technical_zone/product_tips/sizing-timing-belts-and-pulleys.html

[11] สายพานกับโซ่มีข้อดีข้อเสียแตกต่างอย่างไร. (กรกฎาคม 2559). สืบค้น 27 มิถุนายน 2563, จาก http://duraichi.blogspot.com/2016/07/

[12] สายพานส่งกำลัง สำคัญอย่างไร. (พฤศจิกายน 2562). สายพานส่งกำลังสำหรับงานเกษตรและท่ออุตสาหกรรมสำหรับงานหนัก. สืบค้น 27 มิถุนายน 2563, จาก http://www.smatparts.com/transmissionbeltsblog /index.php/2019/11/09/transmissionbelts/

[13] เส้นด้ายโพลีเอสเตอร์. ผู้ผลิตเครื่องจักรสิ่งทอ - KYANG YHE (KY) สืบค้น 27 มิถุนายน 2563, จาก https://www.kyangyhe.com/th/product/polyester-yarns-for-weaving.html

[14] ปณต ศรีภครัชต์, และประมุข อุณหเลขกะ. (2562). การหาขนาดของระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่ สำหรับการลดกำลังไฟฟ้าไหลย้อนกลับ ที่ระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า เนื่องจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 11. หน้าที่ 5-8.

[15] อัตราค่าไฟฟ้า ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก. การไฟฟ้านครหลวง. สืบค้น 27 มิถุนายน 2563, จาก https://www.mea.or.th/profile/109/112