การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตตู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมระบบราง

PRODUCTION EFFICIENCY INCREMENT OF ELECTRICAL EQUIPMENT CONTROL CABINET IN THE RAIL INDUSTRY

สรายุทธ เก็มเล็ม*[1] ศักดิ์ชาย รักการ[2] พจนีย์ ศรีวิเชียร[3]
Sarayuth Gemlem*[1], Sakchai Rakkarn[2], Podchanee Sriwichian[3]

*[1] *หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต*
[2] *หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต*
[3] *บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต*
**sgemlem@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตตู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมระบบราง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต โดยข้อมูลการผลิตพบว่าผลผลิตที่ได้ต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 90% และในกระบวนการผลิตมีปัญหาการเสียเวลาล่าช้าสูญเปล่าอยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อใช้เครื่องมือคุณภาพในการวิเคราะห์ปัญหา แผนภูมิพาเรโต้ (Pareto Diagram) และแผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) พบสาเหตุหลักคือ การสูญเสียเวลารอคอย (Waiting Time) ที่เป็นคอขวด และการเสียเวลาล่าช้าสูญเปล่าในกระบวนการผลิต ด้านเทคนิควงจรควบคุม (M & E Control Design) และงานติดตั้งสายสัญญาณวงจรไฟฟ้า (Wiring & Terminations) จึงได้ทำการวิเคราะห์เสนอวิธีการแก้ไขด้วยการปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน (Revised Work Process) การปรับสมดุลไลน์การผลิต (Line Balancing) และการปรับปรุงรอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ให้เป็นมาตรฐานทั้งระบบ โดยผลการปรับปรุงกระบวนการผลิต สามารถลดเวลาสูญเปล่าในการผลิต เฉลี่ยลดลงได้เป็น 54.7 ชั่วโมง/หน่วย โดยลดลงจากเดิม 66.3 ชั่วโมง/หน่วย คิดเป็น 17% ส่งผลให้ประสิทธิผลการผลิต (Productivity) มีอัตราผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม 79% เพิ่มเป็น 97.6% การวัดผลประสิทธิภาพการผลิตของอัตราการส่งมอบผลิตภัณฑ์ (Efficiency) สามารถเพิ่มยอดการผลิตและส่งมอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบมาตรฐาน จากเดิม 67% เพิ่มขึ้นเป็น 80.3% และสามารถเพิ่มอัตราการส่งมอบผลิตภัณฑ์โดยรวม จากเดิม 81.4% เพิ่มขึ้นเป็น 94% สามารถบรรลุเป้าหมายการผลิตและส่งมอบสินค้าได้มากขึ้นกว่า 90% การวัดผลด้านการลดต้นทุนและเพิ่มรายได้รวมเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 26% เป็นเงิน 7,243,212 บาท และสามารถส่งมอบงานทันเวลาที่กำหนด

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพ ประสิทธิผล รอบเวลาการผลิต การปรับสมดุลไลน์การผลิต

วันที่รับบทความ 15 มกราคม 2564
วันแก้ไขบทความ 23 กรกฎาคม 2564
วันตอบรับบทความ 11 สิงหาคม 2564

ABSTRACT

This study is the improvement of production process efficiency of electrical control cabinet for the rail industry. The major proposes for efficiency increment and wastes reduction process. By the existing production efficiency result is lower than to target at 90% of the average total production. From the production data, it is found that in the production process has many delays with wastage of production time. Using the QC tools for analysis the problem included the Pareto diagram and Cause and Effect diagram. The main cause of the production process is waiting time, which is the bottleneck including the loss time in process of technical control circuits design for the M & E control system and installation of electrical circuits wiring terminations that are the major problems. Therefore, the solution is proposed by revised work process and production line balancing improvement of the production period with cycle time to improve the production process to be standardized system.

The results of the improvement show that the average of delays time is reduced by 54.7 hours / unit by decreasing from 66.3 hours / unit to 17% loss time reduction, then resulting in the productivity has been increased the production rate by 79% to 97.6%, which achieve the goal of more than 90% as specified. The efficiency measuring of prototype products delivering for the standard mass product is the average increased by 80.3% from 67%, then the total summaries increasing the average of all production rate from 81.4% to 94%. Measuring investment and income can be increased the average total income by 26% or 7,243,212 baht. Moreover, the overall product deliverables on time as scheduling and reduce costs of overtime expenses.

Keywords: Efficiency, Productivity, Cycle Time, Production Line Balancing

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการคมนาคมขนส่งทางรางมีการพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพงานอุตสาหกรรมด้านขนส่งระบบรางมาอย่างต่อเนื่อง โดยมีการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในระบบขนส่งทางราง เข้ามาใช้ในการเพิ่มความรวดเร็วในการเดินรถขนส่งด้วยรถไฟ ที่มีประสิทธิภาพทั้งด้านความปลอดภัย ความสะดวก ความรวดเร็ว เชื่อถือได้ และความตรงต่อเวลาในการให้บริการขนส่งรถไฟที่มีคุณภาพ ในขณะที่ธุรกิจอุตสาหกรรมรถไฟมีการเติบโตขึ้นอย่างมาก มีการเพิ่มกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ควบคุมที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมระบบราง เพื่อให้เพียงพอกับปริมาณการใช้งานที่มากขึ้น เพื่อรองรับการเพิ่มผลผลิตด้านวิศวกรรมรถไฟในด้านต่าง ๆ เช่น ระบบตัวรถไฟฟ้า ระบบอาณัติสัญญาณ ระบบควบคุมรถไฟฟ้า และระบบราง เป็นต้น ทั้งนี้ ได้รวมถึงการผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์ควบคุมงานระบบรางต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการบำรุงรักษางานระบบรถไฟอย่างต่อเนื่อง และการผลิตชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทนใช้ในโครงการรถไฟ เพื่อลดการนำเข้าจากต่างประเทศ และเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตอุปกรณ์ควบคุมงานระบบรถไฟภายในประเทศ และถือเป็นโอกาสก้าวเข้าสู่อุตสาหกรรมระบบรางมากขึ้น จึงต้องคำนึงถึงความสามารถในการผลิตอย่างต่อเนื่องให้เพียงพอกับความต้องการของลูกค้า ในขณะเดียวกัน การส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้ทันเวลาตามที่ลูกค้ากำหนด เป็นสิ่งสำคัญที่สร้างความมั่นใจให้กับลูกค้าในการสั่งซื้อสินค้าอย่างต่อเนื่องและเพิ่มโอกาสในการเพิ่มผลผลิตมากยิ่งขึ้น [1]

การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต การส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้าทันตามที่กำหนด เป็นส่วนสำคัญไม่น้อยไปกว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยคำนึงถึงแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพและการปรับลดต้นทุนการผลิต เพื่อให้เกิดผลกำไรสูงสุดต่อธุรกิจ โดยที่ยังรักษาคุณภาพสินค้าได้ดังเดิม จากข้อมูลแนวคิดในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ได้มุ่งเน้นไปที่การจำแนกกระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มภายในกระบวนการผลิต ทำการลดและขจัดความสูญเปล่าให้เหลือน้อยที่สุด (Wastes Reduction) เพื่อลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำที่สุด เพื่อให้เกิดผลกำไรมากขึ้น โดยมีโครงสร้างสัดส่วนของผลกำไรและต้นทุนของการผลิตสินค้า (Product Cost Ratio) โดยที่มีองค์ประกอบของต้นทุนการผลิตจำแนกได้ดังนี้คือ 1 ส่วนผลกำไร ประกอบด้วยต้นทุนการผลิต 3 ส่วน ได้แก่ ต้นทุนวัตถุดิบ (Direct Material: DM) ต้นทุนแรงงานทางตรง (Direct Labor: DL) และต้นทุนค่าใช้จ่ายโรงงาน (Factory Over Head: FOH) ที่เป็นต้นทุนรวมโดยตรงของการเพิ่มผลผลิตที่มีประสิทธิผล (Productivity) [2]

จากการศึกษากระบวนการผลิตตู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมระบบราง พบว่า กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพโดยรวม มีความสามารถในการผลิตโดยเฉลี่ยที่ 79.6% (Base Line) ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายการผลิตที่กำหนดไว้ 90% (Target) ของยอดรวมเฉลี่ยของการผลิตทั้งหมด จึงเป็นสาเหตุสำคัญของต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นและสูญเสียรายได้จากการเสียเวลาล่าช้าสูญเปล่าไปในกระบวนการผลิต และทำให้ผลผลิตไม่ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด คิดเป็นมูลค่าสูญเสียรายได้รวมประมาณ 13,559,040 บาท ของยอดการผลิตทั้งหมดที่สูญเสีย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการปรับปรุงแก้ไข เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ด้วยการลด หรือกำจัดกระบวนการที่สูญเปล่าไม่ก่อให้เกิดคุณค่าออกไปจากกระบวนการผลิตที่เกิดความล่าช้า โดยมีเป้าหมายทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นมากกว่า 90% ของเป้าหมายการผลิตที่กำหนด โดยนำหลักการวิเคราะห์ในกระบวนการผลิตและการจัดการเชิงวิศวกรรมมาประยุกต์แก้ไขปัญหา และคาดว่าจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการเพิ่มผลผลิต และแก้ไขปัญหา ลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตได้อย่างเป็นระบบ และมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และผลิตภาพ การทำงานที่มีการกำหนดวัตถุประสงค์ หรือเป้าหมาย ที่ประสบผลสำเร็จ และสามารถวัดผลได้ที่มีตัวบ่งชี้ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผล โดยผลิตภาพ (Productivity) มีนิยามที่เป็นที่ยอมรับกัน คือ อัตราส่วนของปริมาณผลิต ผลที่ได้ (Output) ต่อปริมาณสิ่งที่ใส่เข้าไปในการดำเนินการผลิตนั้น ๆ (Input) วัตถุดิบ แรงงาน เงินลงทุน เป็นต้น ผลิตภาพ สามารถนิยามในรูปของการผสมผสานระหว่างประสิทธิภาพ (Efficiency) และประสิทธิผล (Effectiveness) [3] การลดความสูญเปล่าทั้ง 8 ประการ (8 Wastes Reduction) การผลิตมักจะพบความสูญเปล่า คือ การกระทำใด ๆ ก็ตามที่ใช้ทรัพยากรไม่ว่าจะเป็นแรงงาน วัตถุดิบ เวลา เงิน และอื่น ๆ แต่ไม่ทำให้สินค้าหรือบริการเกิดคุณค่าเพิ่มมากขึ้นจากเดิม คือ ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการ มีรายละเอียดดังนี้ งานที่ต้องแก้ไข (Defect/Rework) การผลิตสินค้ามากเกินความต้องการ (Over Production) การรอคอย (Delay/Waiting Time) ความคิดสร้างสรรค์ของทีมงานที่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ (Non Utilized Talent) การขนย้ายบ่อย ๆ (Transportation) สินค้าคงคลังมากเกินไป (Inventory/Unnecessary Stock) การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Motion) และขั้นตอนเยอะซ้ำซ้อนไม่ถูกต้อง (Excess Processing) [4] เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด นับได้ว่าเป็นสิ่งที่ช่วยพัฒนาและแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องมือเหล่านี้เป็นการรวบรวมและประยุกต์ใช้วิธีการทางสถิติ การใช้หลักการทางด้านเหตุผล และศาสตร์ความรู้ในด้านต่าง ๆ มารวบรวม และเลือกใช้ในการจัดการกับปัญหาแต่ละชนิด โดยมีการพัฒนาและรวบรวมเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ ทั้ง 7 ชนิด ที่เรียกกันว่า 7 QC Tools ประกอบด้วย แผนภูมิพาเรโต (Pareto

Diagram) ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือผังก้างปลา (Fishbone Diagram) กราฟ (Graph) ใบตรวจสอบ (Check Sheet) ผังการกระจาย (Scatter Diagram) ฮีสโตแกรม (Histogram) และแผนภูมิควบคุม (Control Chart) [5] การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต โดยยอดการผลิตมีความต้องการชิ้นส่วนที่เพิ่มขึ้นถึงเกือบ 5 เท่า ของกำลังการผลิตในปัจจุบัน จาก 9 บอร์ดต่อวัน เป็น 42 บอร์ดต่อวัน ขณะที่รอบเวลาการผลิตของทุกสถานีงานสูงกว่าค่าแทคไทม์ที่ 23.9 นาทีต่อบอร์ด จึงได้ออกแบบสายการผลิตใหม่ด้วยการจัดวางแผนผังสถานีงานใหม่ โดยการลดระยะระหว่างสถานีงาน ลดพื้นที่การใช้อุปกรณ์ขนย้ายบอร์ดจากเดิมที่ใช้รถขนย้าย มาเป็นการใช้สายพานลำเลียงแทน ทำให้สามารถมี 15 สถานีงาน ส่งผลให้สามารถเพิ่มผลผลิตจาก 9 บอร์ดต่อวัน เป็น 50 บอร์ดต่อวัน [6] การจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานในสายการผลิตติดตั้งดั๊มพ์ (Mounting Dump) โดยการกำจัด และลดงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มต่อสายการผลิต ได้แก่ งานที่เป็นจุดคอขวด ความสูญเปล่าเนื่องจากการรอคอย การเคลื่อนไหวที่เกินจำเป็น งานเสีย และงานที่ต้องนำกลับซ่อมทำใหม่เพื่อลดต้นทุนของการผลิตการปรับปรุงผังโรงงาน เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิต ด้วยการควบคุมรอบเวลาการผลิต ไม่ให้เกินค่าจังหวะความต้องการของลูกค้าที่ 1,800 วินาทีต่อคัน ได้ทุกสถานีงาน รอบเวลาการผลิตรวมลดลง 300 วินาทีต่อคัน คิดเป็น 1.03% ลดต้นทุนจากการซ่อมสี 122,304 บาท ลดต้นทุนจากการเปลี่ยนแบตเตอรี่ 179,240 บาท และลดต้นทุนจากการเปลี่ยนสายลม 108,825 บาท สามารถปรับปรุงได้ 100% [7] การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตยางคอมปาวด์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตยางรถยนต์ จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตยางรถยนต์ พบว่า กระบวนการผลิตยางคอมปาวด์มีปัญหาการรอคอยงานและกระบวนการผลิตต่อเนื่อง ส่งผลทำให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการ ได้แก่ ขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลท ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบในเครื่องและขั้นตอนการทำให้เย็น สาเหตุดังกล่าวใช้เวลาทำงานเกิน Takt Time ที่กำหนด คือ 115.2 วินาที การปรับปรุงกระบวนการผลิตดำเนินการโดยเพิ่มความเร็วการทำงานของ Pusher และสายพานลำเลียง ลดเวลาการเคลื่อนที่ของรถยก ปรับลดเวลาในการนวดยางขั้นตอนสุดท้าย และเพิ่มความเร็วของตัวบาร์ของกระบวนการทำให้เย็น ผลการดำเนินงานหลังจากการปรับปรุง สามารถลดเวลาการผลิตยางคอมปาวด์ทั้งสิ้น 43.4 วินาทีต่อการผลิตยางคอมปาวด์ 1 batch คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดได้เท่ากับ 27.0% สามารถเพิ่มผลผลิตยางคอมปาวด์ได้เท่ากับ 35,396.25 กิโลกรัม เทียบน้ำหนักที่ได้กับจำนวนการผลิตยางสำเร็จรูปได้เท่ากับ 3,539.62 เส้น ลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าของบริษัทได้ 2,657,894.40 บาทต่อปี และเพิ่มกำไรในการผลิต 1,698,720,000 บาทต่อปี [8]

3. วิธีการวิจัย

การดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยใช้หลักการวิเคราะห์และการประยุกต์นำหลักการจัดการงานวิศวกรรมมาช่วยกำหนดแนวทางแก้ไขปัญหาในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ตู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมระบบราง เพื่อลดความสูญเสียเวลาล่าช้าสูญเปล่าในกระบวนการผลิต และเพิ่มปริมาณในการผลิตและส่งมอบสินค้าให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด โดยในการวิเคราะห์กระบวนการผลิต พบว่า การผลิตสินค้าแต่ละแบบ มีสัดส่วนการผลิตที่มีองค์ประกอบตามขนาด ปริมาณ ราคา และระยะเวลาในการผลิตสินค้าแต่ละแบบที่มีความแตกต่างกัน การดำเนินการปรับปรุงแก้ไข โดยมุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาให้เป็นรูปแบบมาตรฐานเดียวกัน (Standard Mass Product) และมุ่งเน้นการแก้ปัญหาต้นแบบสินค้ารุ่นที่เกิดปัญหาความล่าช้ามากที่สุดก่อนเป็นลำดับแรก โดยผลิตภัณฑ์โดยรวมทั้งหมดจำแนกรูปแบบเป็น 4 รุ่น ที่ทำการผลิต ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์ตู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมที่ทำการผลิต

3.1 ศึกษาสภาพปัญหาของกระบวนการผลิตและความสูญเสีย

จากการศึกษาวิจัยเก็บข้อมูลการผลิตตู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมระบบราง เดือน มกราคม ถึง ตุลาคม 2562 พบปัญหาในกระบวนการผลิตมีความล่าช้า มีความสูญเสียเวลารอคอยที่สูญเปล่าในกระบวนการผลิตของขั้นตอนงานออกแบบผลิตภัณฑ์ด้านเทคนิคการผลิต (M & E Control Design) และงานติดตั้งเดินสายสัญญาณวงจรไฟฟ้างานระบบ (Wiring & Terminations) ซึ่งเป็นปัญหาหลักในกระบวนการผลิตที่มีความล่าช้า มีการสูญเสียเวลาเปล่าไปในกระบวนการผลิตโดยรวมทั้งหมด 6,600 ชั่วโมง คิดเป็นมูลค่าสูญเสียเป็นจำนวนเงิน 13,559,040 บาท และสูญเสียยอดการส่งมอบงานล่าช้าออกไปประมาณ 3 เดือน สามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ (1)

$$\text{ผลผลิต (Productivity)} = \frac{\text{เวลาที่ใช้ในการผลิต (Output Hours)}}{\text{เวลาจากแผนการผลิตทั้งหมด (Input Hours)}} \qquad (1)$$

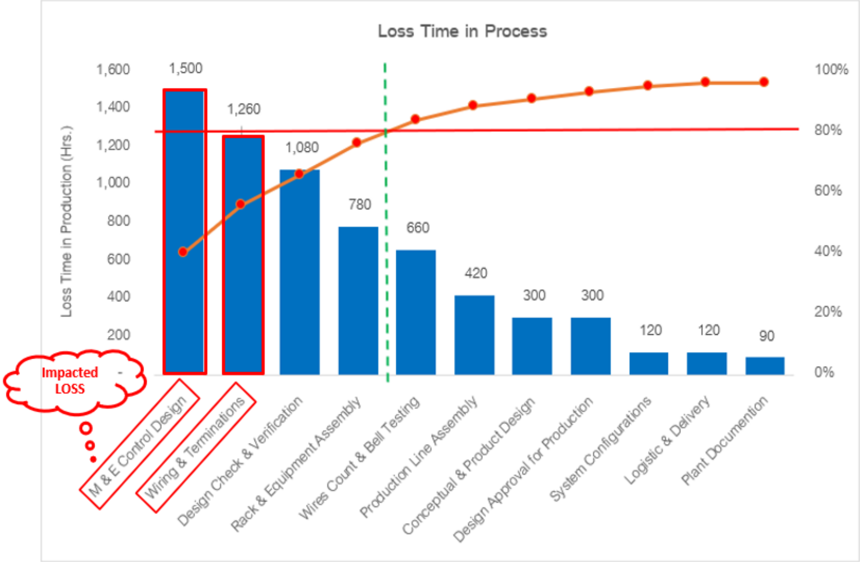
จากข้อมูลแผนการผลิตปี พ.ศ. 2562 กำหนดเป้าหมายการผลิตที่ต้องการจำนวน 420 หน่วย / Lot และกำหนดต้นทุนเวลาในแผนการผลิต (Man-hours) ทั้งหมด 21,000 ชั่วโมง

โดยมีแผนกำลังการผลิตเฉลี่ยที่ 1 หน่วย / 50 ชั่วโมง

ยอดการผลิตตามแผนที่ต้องการ	= 21,000 / 50	= 420 หน่วย
ยอดการผลิตที่ทำได้จริง	= 288 หน่วย / 21,000 ชั่วโมง	
จำนวนการผลิตได้จริงล่าช้าไป	= 132 หน่วย	
สูญเสียเวลาสูญเปล่าล่าช้าไป	= 6,600 ชั่วโมง	
สูญเสียการผลิตล่วงเวลาเพิ่มขึ้นไป	= 6,600 / 50	= 132 หน่วย
สูญเสียยอดการส่งมอบงานล่าช้าไป	= 3 เดือน	
สูญเสียรายได้ยอดขาย (Unit prices)	= 102,720 x 132	= 13,559,040 บาท

3.2 การวิเคราะห์ปัญหา

จากการเก็บข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ปัญหา สามารถจำแนกปัญหาหลัก ๆ ในขั้นตอนการผลิตเพื่อพิจารณาในการปรับปรุงแก้ไขปัญหา คืองานออกแบบผลิตภัณฑ์ด้านเทคนิค (M & E Control Design) และงานติดตั้งสายสัญญาณวงจรไฟฟ้า (Wiring & Termination) ที่เกิดปัญหาความล่าช้ามากที่สุดตามลำดับ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลำดับขั้นตอนกระบวนการผลิตที่เกิดปัญหาการเสียเวลาล่าช้าสูญเปล่า

จากการเก็บข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เมื่อนำมาวิเคราะห์สาเหตุด้วย ไดอะแกรมของเหตุและผล (แผนภูมิก้างปลา) ดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 แผนภูมิก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุปัญหาความล่าช้าในกระบวนการผลิต

จากแผนภูมิวิเคราะห์ปัญหาไดอะแกรมของเหตุและผล (แผนภูมิแบบผังก้างปลา) แสดงสาเหตุปัญหาเมื่อนำข้อมูลมาจัดกลุ่ม สามารถระบุสาเหตุหลักของการเกิดปัญหาตามลำดับ ที่มีความถี่ในการเกิดความล่าช้าสูญเสียเวลาในขั้นตอนกระบวนการผลิต ประกอบด้วย 4 สาเหตุ คือ ขั้นตอนการทำงานมีความซ้ำซ้อน ขั้นตอนการทำงานมีความไม่ต่อเนื่อง ขั้นตอนการทำงานมีการเสียเวลารอคอยที่เกิดเป็นคอขวด ขั้นตอนการวางแผนงานของแต่ละส่วนงานที่ไม่ชัดเจนสอดคล้องกัน

การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตตู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมระบบราง โดยมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตและเพื่อลดปัญหาความสูญเสียเวลาความล่าช้าสูญเปล่าในกระบวนการผลิตในขั้นตอนงานออกแบบผลิตภัณฑ์และงานติดตั้งเดินสายสัญญาณวงจรไฟฟ้าควบคุม ซึ่งเป็นปัญหาหลักในกระบวนการผลิต (Work Process) และเป็นจุดเสียเวลาคอขวด (Bottleneck) และเกิดความล่าช้า (Delay Time) ในกระบวนการผลิต เมื่อนำมาวิเคราะห์ตามหลักการทฤษฎีการจัดการงานวิศวกรรม สามารถนำข้อมูลมาจัดกลุ่มเพื่อกำหนดแนวทางแก้ไขปัญหาหลัก ๆ ตามลำดับความสำคัญของปัญหาที่สามารถสรุปวิธีการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหาได้ ดังตารางที่ 1

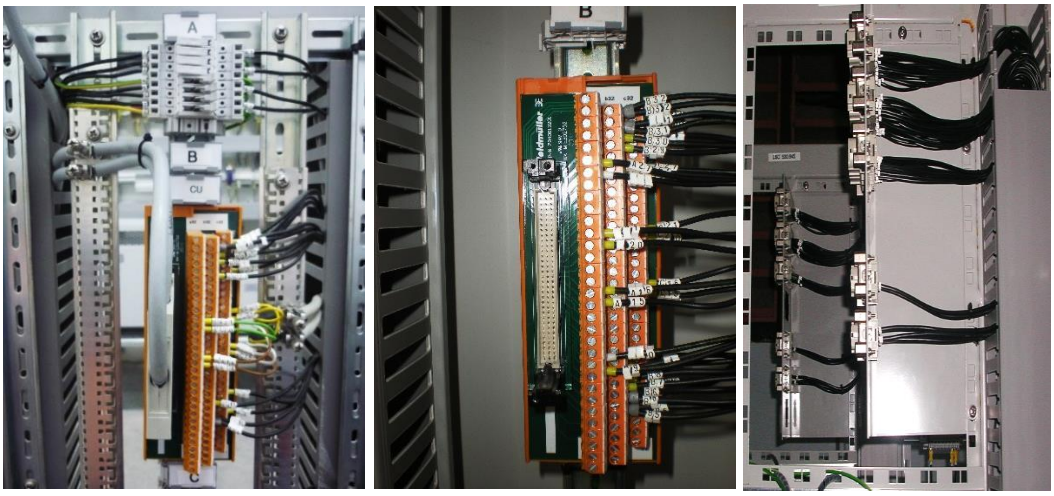
ตารางที่ 1 วิธีการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหา

ลำดับ	วิธีการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหา
1	การปรับปรุงแก้ไขโดยใช้หลักการ Revised Work Process ปรับปรุงลดขั้นตอนการผลิตที่ซ้ำซ้อนและลดขั้นตอนที่มีความล่าช้าออกในกระบวนการผลิต
2	การปรับปรุงแก้ไขโดยใช้หลักการ Line Balancing ปรับสมดุลไลน์การผลิต โดยปรับปรุงเวิร์คสเตชั่นในสายการผลิตให้เป็นระบบ Production Line ให้สถานีงานทั้งระบบมีความต่อเนื่องสอดคล้องกัน
3	การปรับปรุงแก้ไขโดยใช้หลักการ Cycle Time ปรับปรุงลดรอบเวลาหมุนเวียนในการผลิตให้เหมาะสมกับจำนวนพนักงานและขั้นตอนเวลาทำงานในกระบวนการผลิต

3.3 การปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนกระบวนการผลิตโดยใช้หลักการ Revised Work Process

การปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนกระบวนการผลิตโดยใช้หลักการ Revised Work Process ปรับปรุงความล่าช้าที่เป็นคอขวดที่เกิดขึ้นในขั้นตอนกระบวนการผลิตที่มีความซ้ำซ้อนของส่วนงานติดตั้งเดินสายสัญญาณควบคุมวงจรไฟฟ้า (Wiring & Termination Process) โดยการปรับปรุงแก้ไขด้วยการปรับเปลี่ยนมาใช้การต่อสายสัญญาณวงจรไฟฟ้าแบบรวมกลุ่ม Cable Plug-in Connector แทนการเข้าสายสัญญาณวงจรแบบเดิมทีละเส้น เพื่อทำให้ขั้นตอนการทำงานมีความง่ายขึ้น และรวดเร็วแม่นยำขึ้นในขั้นตอนงานเดินสายสัญญาณควบคุมวงจรไฟฟ้า และสามารถทำการผลิตสินค้ามีปริมาณเพิ่มมากขึ้นได้ ดังภาพที่ 4 และภาพที่ 5

ภาพที่ 4 การติดตั้งการเดินสายวงจรไฟฟ้าแบบเดิมหลายเส้นก่อนการปรับปรุง

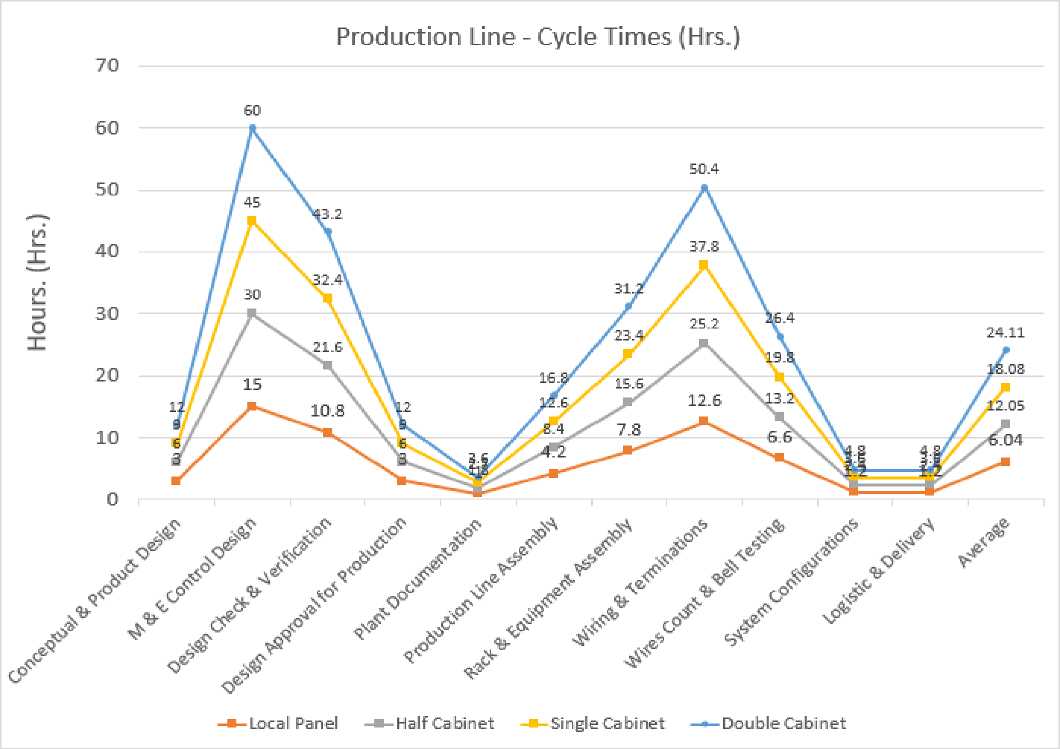


ภาพที่ 5 การปรับปรุงโดยการใช้ Cable Plug-in Connector แบบปลั๊กโมดูลรวมกลุ่มสายวงจรไฟฟ้า

การปรับปรุงแก้ไขการติดตั้งสายสัญญาณวงจรไฟฟ้าแบบปลั๊กโมดูล โดยเปลี่ยนมาใช้การการต่อสายสัญญาณแบบ Cable Plug-in Connector ที่ใช้การเชื่อมต่อสายสัญญาณแบบรวมกลุ่ม ทำให้งานติดตั้งสายวงจรไฟฟ้ามีความรวดเร็วขึ้น และติดตั้งง่ายมากขึ้น สามารถลดเวลาล่าช้าในกระบวนการผลิตที่ซ้ำซ้อนของงานติดตั้งเดินสายสัญญาณวงจรไฟฟ้า

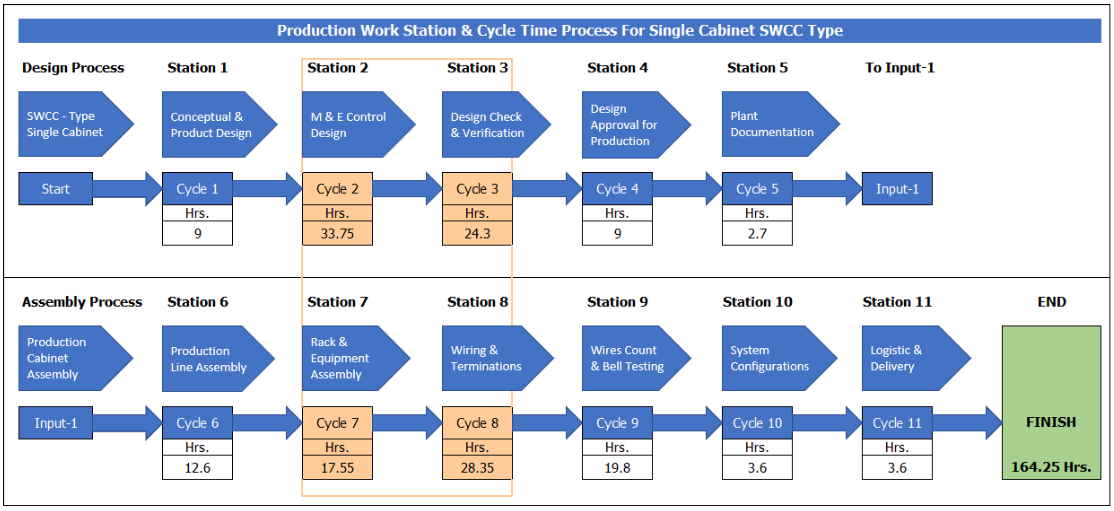
3.4 การปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนกระบวนการผลิตโดยใช้หลักการ Line Balancing

การปรับสมดุลของไลน์การผลิตของเวิร์คสเตชั่นสถานีงานให้มีความสอดคล้องกันในสายการผลิตให้เป็นระบบ Production Line Balancing เพื่อลดความซ้ำซ้อนในไลน์การผลิตโดยทำการรวมสถานีงานและการเพิ่มไลน์การผลิตใหม่ ให้สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตได้และสามารถจัดจำนวนพนักงานใหม่ให้มีความเหมาะสมกับช่วงเวลาในการทำงานของแต่ละส่วนงานเพื่อลดการเสียเวลาที่สูญเปล่าในการรอคอยในขั้นตอนการผลิตที่เป็นคอขวด



ภาพที่ 6 รอบเวลา (Cycle Time) ของขั้นตอนการผลิต ก่อนการปรับปรุง

จากภาพที่ 6 พบว่าข้อมูลก่อนการปรับปรุงมีช่วงเวลาที่เป็นคอขวด (Waiting Time) เกิดความล่าช้ารอคอยในขั้นตอนการผลิตในช่วงสถานีงานที่ 2 และงานที่ 8 ที่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไขเวลาทำงานในแต่ละขั้นตอนให้มีความสมดุลกันของกระบวนการผลิตที่ต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขสถานีงานที่สูญเสียเวลารอคอยเป็นคอขวดให้ลดลงตามลำดับ



ภาพที่ 7 รอบเวลา (Cycle Time) ของสถานีงานไลน์การผลิตที่ปรับลดลง หลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 7 ได้ทำการปรับปรุงลดช่วงเวลาล่าช้าที่หยุดเป็นคอขวดที่สถานีงานที่ 2 สามารถปรับลดลงเหลือ 33.75 ชั่วโมง และงานที่ 8 ลดลงเหลือ 28.35 ชั่วโมง ส่งผลให้ขั้นตอนการทำงานของสถานีงานที่ 3 สามารถลดเวลาในส่วนงานตรวจสอบและแก้ไขงานที่บกพร่องลดลงได้ และสถานีงานที่ 7 ในส่วนงานประกอบติดตั้งอุปกรณ์ที่สามารถปรับลดเวลาในขั้นตอนการทำงานลดลงตามลำดับ ทำให้ขั้นตอนการปรับปรุงไลน์การผลิตของสถานีงาน (Line Balancing) และการปรับรอบเวลาทำงาน (Cycle Time) ที่มีความสอดคล้องกันและสามารถปรับลดช่วงเวลาล่าช้าที่เป็นคอขวด ลดลงได้ ทั้งหมด 4 สถานีงานตามลำดับ

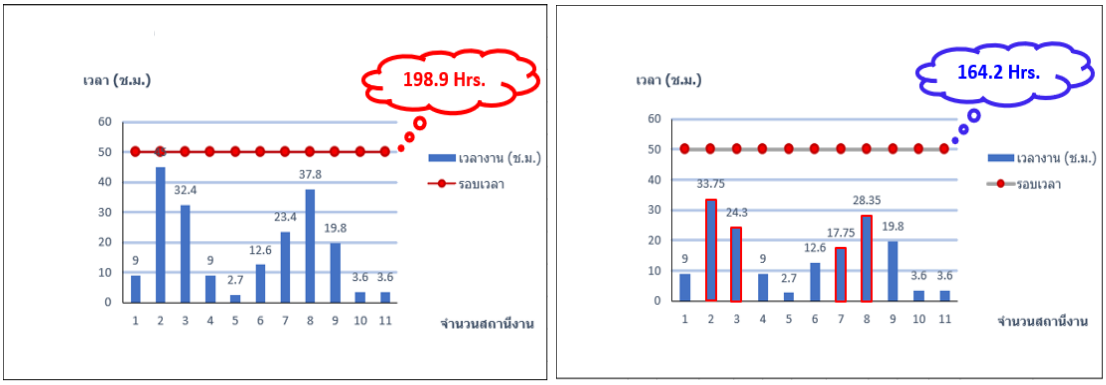
3.5 การปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนกระบวนการผลิตโดยใช้หลักการปรับรอบเวลา (Cycle Time) เพื่อปรับปรุงลดรอบเวลาหมุนเวียนในการผลิตให้เหมาะสมกับงานและจำนวนพนักงานเพื่อลดเวลาการรอคอยที่สูญเปล่าในการผลิต

จากการปรับปรุงแก้ไขรอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ของสถานีงานในแต่ละขั้นตอนการผลิตสามารถนำมาเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลการปรับลดช่วงเวลาในกระบวนการผลิตได้ โดยสามารถนำข้อมูลของเวลาการทำงานของแต่ละขั้นตอน คำนวณหาค่าช่วงเวลาที่เหมาะสมของแต่ละสถานีงานได้ ดังสมการที่ (2)

$$\text{Cycle Time} = \frac{\text{จำนวนชั่วโมงการทำงานในหนึ่งเดือน}}{\text{ผลผลิตที่ต้องการต่อเดือน}} \quad (2)$$

$$\text{Cycle Time} = \frac{\text{ชั่วโมงทำงาน 208 (ชั่วโมง)}}{\text{ผลผลิตที่ต้องการ 4.2 (หน่วย)}}$$

$$\text{Cycle Time รอบการผลิต} = \text{50 ชั่วโมง / หน่วย}$$



ภาพที่ 8 การปรับรอบเวลา (Cycle Time) สะสมของสถานีงานผลิต ก่อนและหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 8 แสดงสถานีงานและช่วงรอบเวลาในแต่ละขั้นตอนการผลิต โดยนำมาปรับปรุงช่วงเวลาสะสมของแต่ละสถานีงานที่มีเวลาว่างรอคอยงานปรับลดลงได้ 34.7 ชั่วโมง จากรอบเวลารวม 198.9 ชั่วโมง ลดลงเหลือ 164.2 ชั่วโมง ในหนึ่งรอบเวลาสะสมจากการปรับปรุงช่วงเวลาในขั้นตอนการผลิต โดยเทียบผลก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง โดยสามารถทำการหมุนเวียนพนักงานสถานีงานที่ 4 งานที่ 5 และ งานที่ 11 เพื่อไปช่วยงานส่วนอื่นได้ให้เกิดความเหมาะสมในช่วงเวลาการทำงานและสามารถช่วยเพิ่มกำลังการผลิตได้เร็วขึ้น

4. ผลการวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ตู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมระบบราง โดยมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงขั้นตอนการผลิต (Revised Work Process) โดยทำการเปลี่ยนชุดต่อสายสัญญาณเทอมินัล มาเป็นแบบปลั๊กโมดูล (Cable Plug in Connector) และทำการปรับสมดุลไลน์การผลิตให้เป็นระบบ (Production Line Balancing) และการปรับระบบรอบเวลาทำงานให้เหมาะสม (Cycle Time) โดยหลังจากได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตในด้านต่าง ๆ สามารถวัดผลชี้วัดค่าเฉลี่ยการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตโดยรวม ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปวิเคราะห์ผลลัพธ์การดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุง

ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตตู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรม (วิเคราะห์ผลก่อนและหลังการปรับปรุง) ปี 2562 - 2563				
ผลลัพธ์ข้อมูลการผลิต	**ก่อนการปรับปรุง**	**หลังการปรับปรุง**	**เปรียบเทียบผลต่าง**	**เปอร์เซ็นต์**
เวลาในการผลิต (ช.ม./หน่วย)	66.30	54.75	-11.55	-17%
อัตราการผลิต (หน่วย/เดือน)	31.77	38.39	6.62	+21%
อัตราการผลิตส่งมอบ (หน่วย/Lot)	317.73	383.91	66.18	+21%
เวลารวมในการผลิต (ช.ม./Lot)	21,000.00	19,195.43	-1,804.57	-9%
ต้นทุนรวมค่าแรงงาน (บาท)	5,177,088.00	4,732,211.90	-444,876.10	-9%
ยอดขายรวม (บาท)	32,636,762.35	39,435,099.18	6,798,336.83	+21%
ยอดรายได้รวม (บาท)	27,459,674.35	34,702,887.28	7,243,212.92	+26%

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

5.1 อภิปรายผลการวัดประสิทธิผล

1. การวัดผลด้านประสิทธิผลการผลิต (Productivity) หลังการดำเนินการปรับปรุง พบว่า กำลังการผลิตโดยเฉลี่ยต่อเดือนสามารถปรับเพิ่มขึ้น 18.6% จากเดิม 79% เพิ่มเป็น 97.6% สามารถบรรลุเป้าหมายการผลิตได้มากขึ้นกว่า 90% ทำให้มีประสิทธิผลการผลิตเพิ่มขึ้น

2. การวัดผลประสิทธิภาพการผลิตส่งมอบผลิตภัณฑ์ (Product Deliverable Efficiency) หลังการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่เป็นต้นแบบมาตรฐาน (Mass Product) สามารถเพิ่มผลผลิตเพิ่มขึ้น 13.3% จากเดิม 67% เพิ่มเป็น 80.3% โดยนำผลมาปรับปรุงต่อเนื่องไปยังผลิตภัณฑ์ชนิดแบบอื่น ๆ ตามลำดับทั้งหมด ทำให้ผลผลิตโดยรวมสามารถเพิ่มอัตราการผลิตและส่งมอบสินค้าได้เพิ่มขึ้น 12.6% จากเดิม 81.4% เพิ่มเป็น 94% ทำให้มีประสิทธิภาพการผลิตส่งมอบสินค้าได้มากขึ้นกว่า 90% บรรลุตามเป้าหมาย

3. การวัดผลจากอัตราคุณภาพ (Quality Rate) หลังการดำเนินงานปรับปรุงแก้ไขความล่าช้าในกระบวนการผลิต สามารถลดเวลาสูญเปล่าในขั้นตอนการผลิตโดยรวมทั้ง 4 สถานีงานสามารถปรับลดเวลาสูญเปล่ารอบเวลารวมลดลงได้ 1,525 ชั่วโมง และสามารถปรับเวลาในการผลิตโดยเฉลี่ยลดลงได้เป็น 54.7 ชั่วโมง/หน่วย ลดลงจากเดิมที่ผลิตได้ 66.3 ชั่วโมง/หน่วย คิดเป็น 17% ที่สามารถลดเวลาสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิตได้

4. การวัดผลด้านการลดต้นทุนและเพิ่มรายได้จากการเพิ่มผลผลิต (Cost & Benefit) จากการดำเนินการปรับปรุงการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตและการลดเวลาสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิต สามารถวัดผลได้ด้วยประสิทธิภาพในการผลิตที่สามารถปรับเพิ่มขึ้นได้ 21% และสามารถลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิตที่ลดลง 17% ส่งผลให้สามารถเพิ่มยอดรายได้รวมเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 26% เป็นเงิน 7,243,212 บาท ลดต้นทุนการทำงานล่วงเวลา และลดการสูญเสียรายได้จากการผลิตงานล่าช้าลงได้ 100%

5.2 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การปรับปรุงกระบวนการผลิต (Work Process) ทำให้เป็นระบบตามแบบมาตรฐาน ไม่ปรับเปลี่ยนบ่อยตามลักษณะความต้องการของเฉพาะโครงการเท่านั้น เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกันต่อเนื่อง เพื่อรักษาขั้นตอนกระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับการใช้เวลาในกระบวนการผลิตที่กำหนด และการควบคุมกำหนดมาตรฐานการทำงานทางวิศวกรรม (Standard Engineering Process and Work Instruction Control)

2. การปรับปรุงกระบวนการผลิตของสินค้าที่มีความหลากหลาย ทำให้เป็นรูปแบบที่เป็นมาตรฐานตามความต้องการของตลาดด้านงานวิศวกรรมระบบรางที่มีปริมาณมากขึ้น (Mass Product) ปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่องให้มีการผลิตได้รวดเร็ว และมีมาตรฐานขั้นตอนการผลิตไม่ซับซ้อนและหลากหลายมากเกินไป สามารถผลิตสินค้าให้ง่ายขึ้น (Plug & Play Module) รองรับปริมาณการผลิตได้รวดเร็วและง่ายต่อการผลิตสินค้าที่มีปริมาณมาก

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน. **บีโอไอพร้อมผลักดันผู้ผลิตชิ้นส่วนไทยสู่อุตสาหกรรมระบบราง,** 2562. สืบค้นจาก: https://chonburi.boi.go.th/index.php/home/.

[2] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. **ต้นทุนการผลิต และวิธีการลดต้นทุนการผลิต,** 2562. สืบค้นจาก: https://bsc.dip.go.th/th/category/sale-marketing/sm-productioncost/.

[3] เดชา อัครศรีสวัสดิ์. **การบริหารผลิตภาพและคุณภาพเบื้องต้น.** กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2562.

[4] สิริพงศ์ จึงถาวรรณ. **แนวคิดแบบลีน (Lean Thinking) การขจัดความสูญเปล่า (Wastes) ทั้ง 8 ประการ,** 2559. สืบค้นจาก: http://www.leanxacademy.com/single-post/lean-thinking-8-wastes/.

[5] Nutvipa. **เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools),** 2559. สืบค้นจาก: http://econs.co.th/index.php/2016/07/29/7-qc-tools/.

[6] ปิยะพร บุปผาชาติ. **การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทอิเล็กทรอนิกส์.** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2559.

[7] ยุทธณรงค์ จงจันทร์, ยอดนภา เกตุเมือง, นรา บุริพันฎ์. **การจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตติดตั้งดัมพ์.** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี, 2555.

[8] มนตรี ฟังอารมณ์. **การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตยางคอมปาวด์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตยางรถยนต์.** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2559.