UTCC

# Proceedings

## การประชุมวิชาการ
## และนำเสนอผลงานทางวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5
## The 5th UTCC National Conference
## วันอังคารที่ 8 มิถุนายน 2564
## การประชุมออนไลน์ผ่านโปรแกรม Cisco Webex

www.utcc.ac.th

# การออกแบบกระบวนการผลิตแบบโมดูลโดยควบคุมด้วยระบบ PLC

# Design of a Modular Manufacturing System Controlled by PLC System

ณัฏฐ์ปภัสร์ วิมลเจริญ[1], เกียรติศักดิ์ ศรีตระกูลชัย[2]

Nutpaphat Wimoncharoen[1], Kiattisak Sritrakulchai[2]

**บทคัดย่อ**

ระบบอัตโนมัติในการควบคุมกระบวนการผลิตภาคอุตสาหกรรมมีความสำคัญมากในการลดต้นทุนการผลิต ทำให้เกิดความได้เปรียบทางการค้าที่เป็นกลไกในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ แต่ด้วยโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็กส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นภาคอุตสาหกรรมหลักที่ก่อให้เกิดรายได้ ยังขาดระบบอัตโนมัติแบบเต็มรูปแบบในการควบคุมกระบวนการผลิต ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอเทคโนโลยีระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing System: FMS) มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อปรับปรุงการผลิตสินค้าให้ตอบสนองความต้องการสินค้าของลูกค้าได้ทั้งเวลา คุณภาพ และปริมาณ โดยออกแบบและพัฒนาชุดโมดูลเครื่องจักรแบบอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable Logic Controllers: PLC) และโปรแกรมจัดการแผนการทำงานให้เป็นกระบวนการทำงานแบบยืดหยุ่นที่ทำงานร่วมกับแขนกลทำหน้าที่ขนถ่ายชิ้นงาน เพื่อให้เป็นระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นที่ทำงานแบบอัตโนมัติ ซึ่งกระบวนที่จัดทำขึ้นมามี 3 กระบวนการผลิตคือ กระบวนการผลิตของที่ระลึก กระบวนการผลิตฝาแก้วน้ำ และกระบวนการผลิตพวงกุญแจ จากการทดลองพบว่าระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นที่ทำงานแบบอัตโนมัติที่ออกแบบและพัฒนา มีค่าประสิทธิภาพการทำงาน (Utilization)ของโมดูลปิดฝาอัตโนมัติเท่ากับ 12.246% โมดูลประทับตราอัตโนมัติเท่ากับ 11.897% และโมดูลเจาะอัตโนมัติเท่ากับ 17.542% ทำให้มีค่าประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย (Average Utilization) เท่ากับ 35.42% หลังจากการปรับปรุงการทำงานโดยใช้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพการทำงาน (Utilization) ของแต่ละโมดูลมีค่า 17.528%, 17.028% และ 25.120% ตามลำดับ และทำให้มีค่าประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย (Average Utilization) หลังปรับปรุงการทำงานเท่ากับ 39.91% ดังนั้นจะเห็นได้ว่าหลังจากปรับปรุงการทำงานโดยใช้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นส่งผล

[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

[2] อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ให้ค่าประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้น 5.282%, 5.131% และ7.575% ตามลำดับ และค่าประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย (Average Utilization) ของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น เพิ่มขึ้น 4.49%
**คำสำคัญ:** ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น, โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์, ระบบอัตโนมัติ

## Abstract

In order to reduce production costs, automation in the management of industrial production processes is critical. This provides a commercial advantage that drives the economy of the country. However, the majority of medium and small industrial plants, which are the key sources of revenue, still lack complete automation to manage the production process. As a result, this research introduces the Flexible Manufacturing System (FMS) technology for use in solving problems in order to increase product production to meet the needs of customers in terms of time, quality, and quantity by design and development automated machine modules with Programmable Logic Controllers (PLC) and work plan management program into a flexible workflow that works with the workpiece handling arm to form a flexible, automated production system. There are three different manufacturing processes: souvenir production, glass cap production, and keychain production. As a result of this experiment, it was found that the design and development of the flexible production system that was automated. The automatic capping module has a performance value (Utilization) of 12.246 percent, the auto-seal module has a performance value (Utilization) of 11.897 percent, and the automatic punch module has a performance value (Utilization) of 17.542 percent. This results in an overall output value of 35.42 percent (Average Utilization). After the improvement of the work by using the flexible production system, the performance value was greatly improved. Every module's (Utilization) was 17.528 percent, 17.028 percent, and 25.120 percent, respectively. The average work productivity (Average Utilization) is 39.91 percent. Therefore, productivity improved by 5.282 percent, 5.131 percent, and 7.575 percent, respectively, and the Average Utilization of the traditional production system increased

by 5.282 percent, 5.131 percent, and 7.575 percent. The degree of flexibility has risen by 4.49 percent.

**Keywords:** Flexible Manufacturing System, Programmable Logic Controller, Automation

**ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย**

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมขนาดกลางขนาดเล็กในประเทศไทย ต้องเผชิญกับปัญหาเรื่องการแข่งขันกันในท้องตลาด การเปลี่ยนแปลงความต้องการสินค้าที่ไม่แน่นอน วงจรชีวิตของสินค้าสั้นลง ความต้องการของผู้บริโภคมีความหลากหลายมากขึ้น เทคโนโลยีระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นจึงมีความสำคัญมากขึ้นในการนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหา ซึ่งมีงานวิจัยต่าง ๆ ได้กล่าวถึงการผลิตแบบยืดหยุ่นในหลายรูปแบบเพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำมาใช้แก้ไขปัญหาและปรับปรุงการผลิตสินค้าให้ตอบสนองต่อความต้องการสินค้าของลูกค้า ทั้งเวลา คุณภาพ และปริมาณ แต่ยังคงให้ความสำคัญกับเครื่องจักรที่มีอยู่เดิม และพัฒนาเครื่องจักรที่มีอยู่เดิมให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น เพื่อลดทุนการซื้อเครื่องจักรใหม่มาใช้งานทั้งระบบ ดังนั้นการออกแบบกระบวนการผลิตแบบยืดหยุ่นจึงมีความต้องการเพื่อใช้การลดต้นทุน

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงตระหนักถึงคุณค่าและความสำคัญในการออกแบบและพัฒนาชุดโมดูลเครื่องจักรแบบอัตโนมัติที่ควบคุมด้วย PLC โดยมุ่งเน้นออกแบบชุดโมดูลเครื่องจักรให้สามารถทำงานอัตโนมัติ 3 โมดูล ได้แก่ โมดูลปิดฝาอัตโนมัติ โมดูลประทับตราอัตโนมัติ และโมดูลเจาะอัตโนมัติ และใช้หลักการการทำงานของกระบวนการผลิตแบบยืดหยุ่นที่มี 3 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการทำของที่ระลึก กระบวนการทำพวงกุญแจ และกระบวนการทำฝาปิดแก้วน้ำ โดยสามารถรองรับกระบวนการผลิตเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชนิดของผลิตภัณฑ์ได้อย่างรวดเร็ว

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

ศึกษาออกแบบและพัฒนาชุดโมดูลเครื่องจักรแบบอัตโนมัติที่ควบคุมด้วย PLC และโปรแกรมจัดการแผนการทำงานให้เป็นกระบวนการทำงานแบบยืดหยุ่น เพื่อช่วยให้โรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็กสามารถแข่งขันทางการตลาดในการผลิตสินค้าออกสู่ตลาดให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าที่มีการเปลี่ยนแปลงการผลิตอย่างรวดเร็ว ทั้งปริมาณ เวลาการผลิต และคุณภาพ

**แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

ในงานวิจัยการออกแบบกระบวนการผลิตแบบโมดูลโดยควบคุมด้วยระบบ PLC นั้น ผู้วิจัยได้ศึกษา ค้นคว้า รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากระบวนการต้นแบบ ดังนี้

**รูปแบบการผลิตแบบยืดหยุ่น** มีทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่

1. Material Handling Flexibility: ความยืดหยุ่นในการขนถ่าย หรือ ลำเลียงชิ้นงานจากสถานีของการผลิตจากเครื่องจักรหนึ่งไปยังอีกเครื่องจักรหนึ่งในกระบวนผลิตจะใช้ แขนหุ่นยนต์ NACHI ในการเคลื่อนย้าย

2. Operation Flexibility: มีความยืดหยุ่นการทำงานของแผนกระบวนการผลิต สามารถเปลี่ยนแปลงตามการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทั้งหมด 3 ผลิตภัณฑ์ โดยไม่มีการปรับเปลี่ยนตำแหน่งเครื่องจักร

3. Volume Flexibility: มีความยืดหยุ่นทางด้านการควบคุมปริมาณการผลิตที่เปลี่ยนแปลงได้ เนื่องระบบที่ออกแบบนี้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา อีกทั้งสามารถปรับเปลี่ยนปริมาณในการผลิตได้

4. Production Flexibility: มีความยืดหยุ่นทางด้านการผลิต ผลิตภัณฑ์ 3 ผลิตภัณฑ์ โดยที่เครื่องจักรไม่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งตำแหน่งและโปรแกรมควบคุมเครื่องจักรในกระบวนการผลิตและปริมาณของประเภทชิ้นส่วนที่กระบวนการสามารถผลิตได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์เครื่องมือ

5. Program Flexibility: มีความยืดหยุ่นในการควบคุมกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างกัน 3 ผลิตภัณฑ์ โดยการเปลี่ยนแปลงเพียงแค่โปรแกรมควบคุมเท่านั้น อีกทั้งความสามารถของระบบในการทำงานเป็นระยะเวลานานพอสมควรโดยไม่มีการแทรกแซงจากภายนอก

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการการออกแบบกระบวนการผลิตแบบโมดูลโดยระบบควบคุมแบบ PLC มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการทำงาน ดังนี้

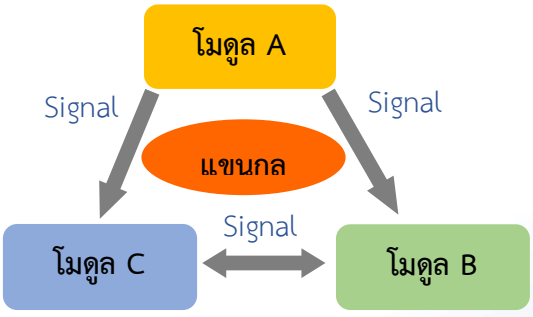
ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ และ กฤษณ์ ผลโพธิ์ (2556) การพัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าจากการศึกษาพบว่า เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบอัตโนมัติและ PLC ซึ่งการพัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดกล้าลงถาดเพาะกล้า งานวิจัยนี้มีการนำระบบอัตโนมัติและระบบควบคุมแบบ PLC มาช่วยในระบบการผลิต โดยผู้จัดทำงานวิจัยนี้เชื่อว่าการนำระบบควบคุม PLC มาช่วยในกระบวนการผลิตนั้นมีความเร็วและความแม่นยำมากกว่าการใช้แรงงานคน ซึ่งหลังจากการวิจัยนี้พบว่า ระบบควบคุม PLC นั้น มีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้แรงงานคนถึง 3.46%

ปิยวัฒน์ ศรีธรรม (2561) การพัฒนาแขนกลจับชิ้นงานจากเครื่องคัดแยกวัสดุอัตโนมัติสายพาน จากการศึกษาพบว่า แขนกลจับชิ้นงานจากเครื่องคัดแยกวัสดุอัตโนมัติสายพาน งานวิจัยนี้นำระบบอัตโนมัติและระบบควบคุมแบบ PLCมาช่วยในการควบคุมแขนกล โดยผู้วิจัยนี้หวังว่าสามารถนำเอางานวิจัยนี้ไปใช้เป็นพื้นฐานในการฝึกปฏิบัติการระบบอัตโนมัติในทางวิศวกรรม

สัญชัย อัจฉริยวิริยะ และ ทวีพล ซื่อสัตย์ (2557) การรวมระบบการผลิตที่ยืดหยุ่นได้และเครื่องจัดเก็บผลิตภัณฑ์อัตโนมัติสำหรับระบบคอมพิวเตอร์ในงานอุตสาหกรรม งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นเพื่อช่วยในการจัดเก็บวัสดุ โดยผู้จัดทำงานวิจัยนี้หวังว่าการนำระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นมาช่วยในระบบการผลิตนั้นจะช่วยลดปัญหาคอขวดในกระบวนการผลิตและสามารถสลับการทำงานของแต่ละสถานีทำให้สามารถแก้ปัญหาคอขวดในกระบวนการผลิตและสามารถปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตได้

**วิธีการดำเนินการวิจัย**

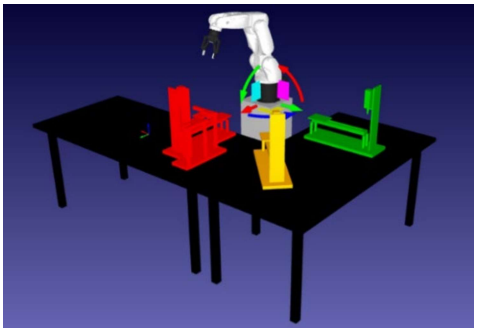
ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาออกแบบและพัฒนาชุดโมดูลเครื่องจักรที่ทำงานแบบอัตโนมัติ การเดินสายไฟในกล่องควบคุม PLC และการสร้างระบบควบคุมการผลิตแบบยืดหยุ่นเบื้องต้นที่เป็นกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติ ซึ่งใช้การควบคุมด้วย PLC ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะออกแบบโมดูลเครื่องจักรแบบอัตโนมัติทั้งหมด 3 โมดูล ได้แก่ โมดูลปิดฝาขวดอัตโนมัติ โมดูลประทับตราอัตโนมัติ และโมดูลเจาะอัตโนมัติ โดยมีแขนกลหุ่นยนต์เป็นศูนย์กลางเพื่อขนย้ายชิ้นงานในแต่ละโมดูล และเป็นตัวป้อนโปรแกรมเพื่อสลับการทำงานของแต่ละโมดูลเพื่อทำให้เกิดกระบวนการผลิตใหม่ทั้ง 3 กระบวนการ ซึ่งมีแนวคิดการออกแบบกระบวนการผลิตแบบยืดหยุ่นโดยอาศัยหลักการและรูปแบบการผลิตแบบยืดหยุ่นที่ครอบคลุมรูปแบบทั้งหมด 5 ประเภทตามที่ได้กล่าวข้างต้น




**ภาพที่ 1** แนวคิดการทำงานร่วมกันของแต่ละโมดูลโดยการส่งสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อกัน

จากภาพที่ 1 เป็นการออกแบบการทำงานของแต่ละโมดูลโดยใช้โปรแกรม Gx-Developer ในการเขียนโปรแกรมสั่งการทำงานระบบ PLC โดยใช้ภาษา Ladder Diagram เป็นคำสั่งควบคุมการทำงานของแต่ละโมดูลโดยมีการเชื่อมต่อกับโมดูลต่าง ๆ โดยการรับสัญญานและส่งสัญญานผ่านโฟโต้เซนเซอร์ (Photo Sensor) ของแต่ละโมดูลให้สามารถทำงานร่วมกันได้ โดยมีตัวแขนกลหุ่นยนต์เป็นศูนย์กลาง เพื่อขนย้ายชิ้นงานระหว่างโมดูล ตามรูปแบบของ Material Handling Flexibility, Operation Flexibility และ Production Flexibility

ดังนั้นสรุปได้ว่า แขนกลหุ่นยนต์ เป็นศูนย์กลางเพื่อขนย้ายชิ้นงานระหว่างโมดูลในกระบวนการผลิต ซึ่งการตั้งค่าฟังก์ชันที่ใช้ควบคุมแขนกลหุ่นยนต์ ผ่านอุปกรณ์ Teach Pendent เป็นตัวควบคุมแขนกลหุ่นยนต์ให้ทำงานตามกระบวนการ ยกตัวอย่างเช่น โมดูล A > โมดูล B > โมดูล C เพราะฉะนั้นถ้าเปลี่ยนแปลงการตั้งค่าโปรแกรมที่ตัวควบคุมแขนกลหุ่นยนต์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการผลิตใหม่ได้ โดยที่ไม่ต้องเคลื่อนย้ายโมดูล หรือติดตั้งโมดูลใหม่ในการปรับเปลี่ยนกระบวนการ โดยประยุกต์รูปแบบการจัดวางแขนกลเป็นศูนย์กลางจากที่นำ Conveyer เป็นศูนย์กลางเพื่อให้ลำเลียงชิ้นงานได้สะดวกและเข้าถึงทุกสถานี และจากภาพที่ 2 เป็นการจัดวางตำแหน่งโมดูลโดยใช้โปรแกรม ROBODK



**ภาพที่ 2** ตัวอย่างการใช้โปรแกรม ROBODK ช่วยในการจัดวางตำแหน่งโมดูล

การออกแบบโมดูล ทางผู้วิจัยได้ออกแบบโดยคำนึงถึง Production Flexibility เป็นหลัก และอุปกรณ์ที่ได้รับมาจากโรงงาน โดยออกแบบ 3 โมดูล ได้แก่

1. โมดูลปิดฝาอัตโนมัติ เป็นโมดูลสำหรับใช้ปิดฝาขวด โดยให้ลูกสูบกดลงเพื่อปิดฝาขวด และมีฟังก์ชันส่งฝาหรือวัตถุไปให้ลูกสูบกดปิดฝาอัตโนมัติ (โมดูลส่งฝาเป็นโมดูลที่คอยสนับสนุนโมดูลปิดฝาอัตโนมัติ)

2. โมดูลประทับตราอัตโนมัติ เป็นโมดูลสำหรับปิดผนึกชิ้นงาน โดยมีเซนเซอร์ก่อนหน้า ซึ่งคือโมดูลปิดฝาอัตโนมัติ หรือโมดูลเจาะอัตโนมัติ ขึ้นอยู่กับการจัดเรียงสถานีการทำงาน หลังจากตัวรับค่าสถานะการทำงาน ชิ้นงานจะเคลื่อนไปที่จุดประทับตรา และทำการประทับตรา หลังจากประทับตาเสร็จจะเคลื่อนที่กลับเพื่อส่งสัญญาณให้แขนกลหุ่นยนต์ หยิบชิ้นงานไปยังสถานีถัดไป

3. โมดูลเจาะอัตโนมัติ เป็นโมดูลสำหรับเจาะรูผลิตภัณฑ์ หลังจากรับสัญญาณจากโมดูลก่อนหน้า ชิ้นงานจะเคลื่อนที่ไปเจาะรู และเคลื่อนที่กลับ เพื่อส่งสัญญาณให้แขนกลหุ่นยนต์ หยิบชิ้นงานไปยังสถานีถัดไป

การออกแบบกระบวนการผลิตแบบยืดหยุ่นเพื่อสร้าง 3 ผลิตภัณฑ์ ทางผู้วิจัยได้ออกแบบกระบวนการผลิตโดยคำนึงถึง Production Flexibility, Volume Flexibility, Operation Flexibility และ Program Flexibility ซึ่งจะทำให้ประหยัดเวลาในการสร้างและติดตั้งเครื่องจักรใหม่ โดยเมื่อต้องการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ จะทำการเปลี่ยนโปรแกรมเฉพาะแขนหุ่นยนต์เท่านั้น ซึ่ง 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่

1. กระบวนการผลิตของที่ระลึก เป็นการทำงานรวมกันทั้ง 3 โมดูลกับแขนกล ได้แก่ โมดูลปิดฝาอัตโนมัติ โมดูลประทับตราอัตโนมัติ และโมดูลเจาะอัตโนมัติ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการจะมีลักษณะเป็นขวดแก้วปิดฝาบนฝามีการประทับตราและเจาะรู

2. กระบวนการผลิตพวงกุญแจ เป็นการทำงานรวมกันทั้ง 2 โมดูลกับแขนกล ได้แก่ โมดูลประทับตราอัตโนมัติ และโมดูลเจาะอัตโนมัติ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการจะมีลักษณะตามที่ได้ออกแบบไว้ และมีการประทับตรากับเจาะรูเพื่อใช้ในการใส่พวงกุญแจ

3. กระบวนการผลิตฝาแก้วน้ำ เป็นการทำงานรวมกันทั้ง 2 โมดูลกับแขนกล ได้แก่ โมดูลเจาะอัตโนมัติ และโมดูลประทับตราอัตโนมัติ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการจะมีลักษณะตามที่ได้ออกแบบไว้ และมีการประทับตรากับเจาะรูเพื่อใช้ในการใส่พวงกุญแจ

**วิเคราะห์การดำเนินงาน**

1. หาเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้น (Cycle Time)

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อหาเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้นเพื่อนำมาใช้ในการหาขนาดตัวอย่าง (Sample Size) ที่จะต้องใช้ในการเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้นนั้น จะทำการทดลองเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้นมา 5 ข้อมูล จะได้เวลารวมของแต่ละโมดูล ดังนี้

**ตารางที่ 1** เวลาการทดลองรวมของแต่ละโมดูล

| | เวลาการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้นมา 5 ข้อมูล | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $\Sigma X$ | $\Sigma x$ | $\Sigma X^2$ | $\Sigma x^2$ |
| **โมดูลปิดฝาอัตโนมัติ** | 107.04 | 204 | 2291.517 | 8372 |
| **โมดูลประทับตราอัตโนมัติ** | 34.45 | 449 | 237.384 | 40493 |
| **โมดูลเจาะอัตโนมัติ** | 51.11 | 11 | 522.488 | 2479 |
| **กระบวนการทำของที่ระลึก** | 485.61 | 561 | 47163.4439 | 63239 |
| **กระบวนการทำพวงกุญแจ** | 310.24 | 521 | 19249.81 | 54613 |
| **กระบวนการทำฝาปิดแก้วน้ำ** | 354.89 | 489 | 25189.41 | 48119 |

เมื่อได้ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้นจากการทดลองเก็บข้อมูลมาแล้ว จากนั้นจะทำการคำนวณหาขนาดตัวอย่าง (Sample Size)

จากสูตรการชักตัวอย่าง (Sample size) สำหรับระดับความเชื่อมั่น 95.45% และโอกาสผิดพลาด ±5%

$$n = \left( \frac{40\sqrt{n'\Sigma x^2 - (\Sigma x^2)}}{\Sigma x} \right)^2$$

โดยที่ n = ขนาดตัวอย่าง (Sample size)

n' = จำนวนข้อมูลที่ทดลองเก็บ

X = เวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้นที่ได้ทดลองเก็บข้อมูล

เมื่อนำข้อมูลเวลาของโมดูลปิดฝาอัตโนมัติ โมดูลประทับตราอัตโนมัติ โมดูลเจาะอัตโนมัติ กระบวนการทำของที่ระลึก กระบวนการทำพวงกุญแจ และกระบวนการทำฝาปิดแก้วน้ำ ที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้นที่ได้มาทำการคำนวณหาขนาดตัวอย่างแล้ว พบว่าขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.0033, 0.158, 0.00453, 0.001, 0.003 และ 0.002 ตามลำดับซึ่งมีค่าน้อยมาก เนื่องจากข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้นที่ทดลองเก็บเป็นข้อมูลที่มีความละเอียดมาก ดังนั้นจึงต้องใช้ค่าตัวเลขที่อยู่

หลังจุดทศนิยมมาใช้ในการคำนวณหาขนาดตัวอย่าง ซึ่งเมื่อทำการคำนวณแล้วจะได้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10

เมื่อได้ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมกับการเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้นของแต่ละโมดูลแล้ว ก็ทำการเก็บข้อมูลให้ครบ 10 ครั้ง โดยจะทำการเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้นต่อจากข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้นที่ได้ทดลองเก็บมาในตอนแรกซึ่งจะได้ข้อมูลดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** การเก็บข้อมูลเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้น

| **ทำการเก็บข้อมูล 10 ครั้ง** | |
|---|---|
| **ชนิด** | **ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน (วินาที)** |
| โมดูลปิดฝาอัตโนมัติ | 21.385 |
| โมดูลประทับตราอัตโนมัติ | 6.925 |
| โมดูลเจาะอัตโนมัติ | 10.211 |
| กระบวนการทำของที่ระลึกแบบไม่ต่อเนื่อง | 97.151 |
| กระบวนการทำฝาแก้วน้ำแบบไม่ต่อเนื่อง | 71.047 |
| กระบวนการทำพวงกุญแจแบบไม่ต่อเนื่อง | 62.078 |

จากผลการเก็บข้อมูลเวลาของโมดูลปิดฝาอัตโนมัติ, โมดูลประทับตราอัตโนมัติ, โมดูลเจาะอัตโนมัติ, กระบวนการทำของที่ระลึกแบบไม่ต่อเนื่อง, กระบวนการทำฝาแก้วน้ำแบบไม่ต่อเนื่อง และที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้น สามารถสรุปได้ว่า เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้นของแต่ละโมดูลและกระบวนการเท่ากับ 21.385, 6.925, 10.211, 97.151, 62.078 และ 71.047 วินาทีตามลำดับ

แต่เนื่องจากเวลาที่ได้จากการคำนวณข้างต้นเป็นการคำนวณกระบวนการที่ไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากแขนกลจะหยุดรอชิ้นจากโมดูลเพื่อรอส่งให้โมดูลถัดไป เมื่อจบกระบวนการถึงจะจับชิ้นงานชิ้นใหม่เข้าสู่ระบบ จึงนำสูตรเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยและสูตรการหาค่าประสิทธิภาพการทำงาน (Utilization)

ของระบบเพื่อเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการผลิตที่ประยุกต์ใช้ FMS ที่ยังไม่ต่อเนื่อง กับกระบวนการผลิตที่ประยุกต์ใช้ FMS โดยมีการผลิตแบบต่อเนื่อง ซึ่งจะได้ข้อมูล

2. หาเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยของกระบวนการหลังทำการปรับปรุง

$$F = \frac{1}{n} x \sum_{j=1}^{n} F_j$$

โดยที่ $F_j = C_j - r_j$

$F_j$ = เวลาในการไหลของงาน

$C_j$ = เวลาที่ j ทำงานเสร็จ

$R_j$ = เวลาที่ j พร้อมที่จะทำงาน

**ตารางที่ 3** กระบวนการที่ปรับปรุงแล้วของกระบวนการทำของที่ระลึก กระบวนการทำฝาแก้วน้ำ และกระบวนการทำพวงกุญแจ

| ชิ้นงานที่ | กระบวนการผลิตของที่ระลึกแบบปรับปรุงแล้ว | | | กระบวนการทำฝาแก้วน้ำแบบปรับปรุงแล้ว | | | กระบวนการทำพวงกุญแจแบบปรับปรุงแล้ว | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $C_j$ | $R_j$ | $F_j$ | $C_j$ | $R_j$ | $F_j$ | $C_j$ | $R_j$ | $F_j$ |
| 1 | 105 | 0 | 105 | 50 | 0 | 60 | 60 | 0 | 60 |
| 2 | 150 | 45 | 105 | 90 | 40 | 60 | 100 | 40 | 60 |
| 3 | 200 | 90 | 110 | 100 | 60 | 40 | 140 | 90 | 50 |
| 4 | 250 | 130 | 120 | 136 | 65 | 60 | 170 | 130 | 40 |
| 5 | 300 | 180 | 120 | 175 | 125 | 60 | 215 | 150 | 65 |
| 6 | 340 | 225 | 115 | 216 | 165 | 60 | 240 | 180 | 60 |
| 7 | 400 | 270 | 130 | 245 | 195 | 60 | 270 | 210 | 60 |
| 8 | 435 | 320 | 115 | 280 | 230 | 60 | 310 | 240 | 70 |
| 9 | 480 | 360 | 120 | 320 | 270 | 60 | 340 | 275 | 65 |
| 10 | 510 | 400 | 110 | 320 | 310 | 60 | 380 | 300 | 60 |
| | | เฉลี่ย | 115 | | เฉลี่ย | 51 | | เฉลี่ย | 59 |

3. การหาค่าประสิทธิภาพการทำงาน (Utilization) ของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

หลังจากได้ทำการหาเวลาการทำงานในแต่ละโมดูลแล้วจึงทำการทดสอบเพื่อทำการหาค่าประสิทธิภาพการทำงาน (Utilization) ของระบบโดยทำการวัดเวลาการทำงานเฉลี่ยจากการทำงานจริงของโมดูลกับแขนกลในแต่ละกระบวนการโดยทำการเก็บตัวอย่างทดลองในแต่ละกระบวนการกระบวนการละ 10 ครั้ง ซึ่งจะได้ข้อมูลในการคำนวณดังตาราง 4-6

3.1 ระบบอัตโนมัติที่ประยุกต์ FMS แบบไม่ต่อเนื่อง

**ตารางที่ 4** เวลาทำงานของแต่ละโมดูลในแต่ละกระบวนการที่ยังไม่ปรับปรุง

| กระบวนการ | Total Processing Time (Second) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Part Mix | โมดูลปิดฝาอัตโนมัติ | โมดูลประทับตราอัตโนมัติ | โมดูลเจาะอัตโนมัติ | แขนกล |
| กระบวนการทำของที่ระลึก | 0.33 | 21.385 | 6.925 | 10.211 | 58.63 |
| กระบวนการทำฝาแก้วน้ำ | 0.33 | 0 | 6.925 | 10.211 | 62.078 |
| กระบวนการทำพวงกุญแจ | 0.33 | 0 | 6.925 | 10.211 | 53.911 |

$$WL_i = \sum_k t_{ik} p$$

โดยที่ $WL_i$ = เวลาการทำงานเฉลี่ยของสถานี i

$t_{ik}$ = เวลาที่ใช้ในกระบวนการ $k$ ในสถานี $i$

$p$ = สัดส่วนของ part mix ในแต่ละกระบวนการ

ทำให้สามารถคำนวณหาเวลาเฉลี่ยในการทำงานของแต่ละโมดูลได้ดังนี้ ดังตาราง 5

**ตารางที่ 5** เวลาทำงานเฉลี่ยของแต่ละโมดูล

| ลำดับ | โมดูล | Average Workload |
|---|---|---|
| 1 | โมดูลปิดฝาแบบอัตโนมัติ | 7.0571 |
| 2 | โมดูลประทับตราแบบอัตโนมัติ | 6.8558 |
| 3 | โมดูลเจาะแบบอัตโนมัติ | 10.1089 |
| 4 | แขนกล | 57.6243 |

เนื่องจากในแต่ละสถานีมีเพียงสถานีละ 1 โมดูล ทำให้ค่าประสิทธิภาพการทำงาน (Utilization) ของแต่ละสถานีได้ดังนี้

$$U_i = \frac{WL_i}{WL^*}$$

โดยที่ $WL_i$ = เวลาการทำงานเฉลี่ยของสถานี i

$WL^*$ = เวลาที่ใช้ในกระบวนการของสถานีที่เกิดคอขวด

$U_i$ = ค่าประสิทธิภาพการทำงาน (Utilization) ของ สถานี i

ทำให้สามารถคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการทำงาน (Utilization) ของแต่ละสถานีได้ดังตารางที่ 6

**ตารางที่ 6** ค่าประสิทธิภาพการทำงาน (Utilization) ของแต่ละโมดูล

| ลำดับ | โมดูล | Station Utilization | Utilization (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | โมดูลปิดฝาอัตโนมัติ | 0.1225 | 12.2467 |
| 2 | โมดูลประทับตราอัตโนมัติ | 0.1190 | 11.8973 |
| 3 | โมดูลเจาะอัตโนมัติ | 0.1754 | 17.5428 |
| 4 | แขนกล | 1.0000 | 100.0000 |

หลังจากที่คำนวณหาค่าประสิทธิภาพการทำงาน (Utilization) ของแต่ละโมดูลทำให้สามารถหาค่าประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย (Average Utilization) ของ ระบบ FMS ได้ดังนี้

$$U_{av} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n+1} u_i}{n+1}$$

โดยที่ $U_{av}$ = เวลาการทำงานเฉลี่ยของสถานี i

ซึ่งค่าประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย (Average Utilization) ของ ระบบ FMS แบบไม่ต่อเนื่อง เท่ากับ 35.42%

3.2 ระบบอัตโนมัติที่ประยุกต์ FMS แบบต่อเนื่อง

**ตารางที่ 7** เวลาทำงานของแต่ละโมดูลในแต่ละกระบวนการหลังปรับปรุง

| กระบวนการ | Total Processing Time (Second) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Part Mix | โมดูลปิดฝาอัตโนมัติ | โมดูลประทับตราอัตโนมัติ | โมดูลเจาะอัตโนมัติ | แขนกล |
| กระบวนการทำของที่ระลึก | 0.33 | 213.85 | 69.25 | 102.11 | 510 |
| กระบวนการทำฝาแก้วน้ำ | 0.33 | 0 | 69.25 | 102.11 | 350 |
| กระบวนการทำพวงกุญแจ | 0.33 | 0 | 69.25 | 102.11 | 360 |

**ตารางที่ 8** เวลาทำงานเฉลี่ยของแต่ละโมดูลหลังปรับปรุง

| ลำดับ | โมดูล | Average Workload |
|---|---|---|
| 1 | โมดูลปิดฝาแบบอัตโนมัติ | 70.5705 |
| 2 | โมดูลประทับตราแบบอัตโนมัติ | 68.5575 |
| 3 | โมดูลเจาะแบบอัตโนมัติ | 101.12223 |
| 4 | แขนกล | 402.6 |

**ตารางที่ 9** เวลา Utilization ของแต่ละโมดูลหลังปรับปรุงแบบต่อเนื่อง

| ลำดับ | โมดูล | Station Utilization | Utilization (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | โมดูลปิดฝาอัตโนมัติ | 0.1753 | 17.53 |
| 2 | โมดูลประทับตราอัตโนมัติ | 0.1703 | 17.03 |
| 3 | โมดูลเจาะอัตโนมัติ | 0.2512 | 25.12 |
| 4 | แขนกล | 1.0000 | 100.0000 |

**สรุปผลการวิจัย**

จะเห็นได้ว่า หลังจากปรับปรุงกระบวนการให้เป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพการทำงาน (Utilization) ในโมดูลปิดฝาอัตโนมัติเท่ากับ 17.528% โมดูลประทับตราอัตโนมัติเท่ากับ 17.028% โมดูลเจาะอัตโนมัติเท่ากับ 25.120% และทำให้ค่าประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย (Average Utilization) ของระบบ FMS หลังจากการปรับปรุงการงานเท่ากับ 39.91% ซึ่งหลังจากทำการปรับปรุงแล้วจะทำให้ค่าประสิทธิภาพการทำงาน (Utilization) เพิ่มขึ้น 5.282, 5.131%, 7.575 % และ 4.49% ตามลำดับ

**ตารางที่ 10** ข้อได้เปรียบของ FMS

| ระบบ PLC เดิม | ระบบ PLC แบบประยุกต์ FMS |
|---|---|
| 1. หากระบบเกิดติดขัดขึ้นระหว่างกระบวนการทำงานจะต้องหยุดกระบวนการทั้งหมด<br>2. หากจำนวนอินพุตเอาต์พุต ของ PLC รุ่นที่ใช้มีจำนวนน้อย และไม่เพียงพอต่อการใช้งานจะทำให้ต้องแบ่งกลุ่มสัญญานเป็นหลายกลุ่มเพื่อต่อรวมกันในแต่ละ PLC ทำให้เกิดเป็นการผลิตเพียงรูปแบบเดียวและยากต่อการวางระบบใหม่<br>3. เมื่อจะผลิตชิ้นงานรูปแบบใหม่ต้องทำการออกแบบเครื่องมือใหม่ทั้งระบบหรือหากมีอุปกรณ์อยู่แล้วอาจต้องทำการย้ายหรือจัดรูปแบบการทำงานใหม่รวมถึงทำโปรแกรมควบคุม PLC ใหม่<br>4. มีแรงงานคนซึ่งจะทำงานเป็นระบบถ้าเปลี่ยนระบบใหม่ยังต้องฝึกอบรมคนใหม่อีกด้วย | 1. หากระบบเกิดติดขัดขึ้นระหว่างกระบวนการสามารถทำการหยุดปรับปรุงเฉพาะโมดูลที่เกิดปัญหาและย้ายการทำงานไปยังโมดูลอื่นแทนได้<br>2. จำนวนอินพุตเอาต์พุต ของ PLC มีการใช้งานแบ่งเป็นการใช้งานแต่ละโมดูล และเชื่อมต่อเข้ากับแขนกล ทำให้สามารถนำ PLC รุ่นที่มี อินพุตเอาต์พุต น้อยมาใช้งานได้ และเกิดความเป็นอิสระต่อกันในแต่ละโมดูลทำให้ผลิตชิ้นงานได้หลากหลายรูปแบบยิ่งขึ้น<br>3. เมื่อเกิดการผลิตรูปแบบใหม่ต้องปรับปรุงตัวยึดจับชิ้นงานและจัดลำดับการใช้งานแต่ละโมดูลใหม่ซึ่งทำได้ง่ายกว่าการปรับใหม่ทั้งกระบวนการผลิต<br>4. ไม่มีแรงงานคนอยู่ในระบบทำให้ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายทั้งค่าแรงงานและค่าฝึกอบรม |

**อภิปรายผล**

การวิจัยนี้ได้จัดทำแบบจำลองกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติที่ควบคุมด้วย PLC และได้ประยุกต์เข้ากับเทคโนโลยีระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ซึ่งกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติที่จัดทำขึ้นมีทั้งหมด 3 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการผลิตของที่ระลึก กระบวนการผลิตฝาแก้วน้ำ และกระบวนการผลิตพวงกุญแจ โดยทั้ง 3 กระบวนการใช้โมดูล 3 โมดูลในกระบวนการผลิต ได้แก่ โมดูลปิดฝาอัตโนมัติ โมดูลประทับตราอัตโนมัติ และโมดูลเจาะอัตโนมัติ ซึ่งแต่ละโมดูลทำงานอิสระต่อกัน ทำให้สามารถเปลี่ยนรตั้งค่าฟังก์ชันที่ใช้ควบคุมแขนกลหุ่นยนต์ ผ่านอุปกรณ์ Teach Pendent ซึ่งเป็นศูนย์กลางเพื่อขนย้ายชิ้นงานระหว่างโมดูลในกระบวนการผลิต โดยไม่ต้องเปลี่ยนตำแหน่งของโมดูล

**เอกสารอ้างอิง**


จักรกฤษณ์ เคลือบวงศ์และคณะ. (2557). การพัฒนาเครื่องสีข้าวขนาดเล็กด้วยโปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรล. ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

ธีรพงศ์ ผลโพธิ์, กฤษณ์ ผลโพธิ์. (2556). การพัฒนาเครื่องยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า. วารสาร **The 14th TSAE Nation Conference and the 6th TSAE International onference: TSAE 2013**. สำนักพิมพ์ Rajamangala University of Technology Thanyaburi Faculty of Engineering. 6(1), 229-234.

ธีระ แย้มกลิ่น. (2545). การควบคุมเชิงพฤติกรรมแบบกระจายของกลุ่มเซลล์ทำงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ปิยวัฒน์ ศรีธรรม. (2561, มกราคม-มิถุนายน). Robot Arm Picked Up the Material from the Automatic Sorting Machine with Conveyor Belt: แขนกลจับชิ้นงานจากเครื่องคัดแยกวัสดุอัตโนมัติสายพาน. **วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีควบคุมอัตโนมัติ.** ขอนแก่น : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 4(1), 19-27.

รติพล จันทร์แพงและคณะ. (2561, กันยายน-ตุลาคม). Production Layout Using Group Technology for a Medical Device Factory: การจัดผังการผลิตด้วยเทคโนโลยีกลุ่มสำหรับโรงงานผลิตเครื่องมือแพทย์. **วารสารวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.** 26(5), 855-865.

สัญชัย อัจฉริยวิริยะ, ทวีพล ซื่อสัตย์. (2557). การรวมระบบการผลิตที่ยืดหยุ่นได้และเครื่องจัดเก็บผลิตภัณฑ์อัตโนมัติสำหรับระบบคอมพิวเตอร์ในงานอุตสาหกรรม. **การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42.** กรุงเทพฯ. 42(1), 343-350.

สุริยันต์ ศิลปะศร, อรรถพล ธรรมปัญญารัตน์. (2550) การพัฒนาสื่อการเรียนการสอน กระบวนการบรรจุชิ้นงาน แบบอัตโนมัติ ด้วย PLC. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

MANU. G, VIJAY KUMAR. M, NAGESH. H, JAGADEESH. D, GOWTHAM. M. B. (2018, April). Flexible Manufacturing Systems (FMS), A Review. **International Journal of**

**Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD).** 8(2), 323-336.

Peter Kostal, Karol Velisek. (2011, May). Flexible Manufacturing System. **World Academy of Science, Engineering and Technology.** 53(1), 723-727.