



การปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของโรงงานผลิตเพลารถยนต์ ด้วยเทคนิค การวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

สุพัฒน์ วงศ์จิรจิตติกาล^{1*} และ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน²

บทคัดย่อ

จากการขยายตัวของอุตสาหกรรมยานยนต์ในปัจจุบันที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้มีความต้องการชิ้นส่วนยานยนต์เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นการที่จะตอบสนองความต้องการเหล่านี้ได้ ผู้ผลิตต้องมีระบบการผลิตที่มีความน่าเชื่อถือ ระบบซ่อมบำรุงจึงมีบทบาทสำคัญในการสร้างความน่าเชื่อถือให้กับระบบการผลิต โดยในงานวิจัยนี้จะทำการปรับปรุงระบบการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันของโรงงานผลิตเพลารถยนต์เพื่อลดความถี่การเสียของเครื่องจักรซึ่งส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ในการช่วยวิเคราะห์ถึงสาเหตุและเลือกชิ้นส่วนของเครื่องจักรที่ส่งผลกระทบต่อสายการผลิตและทำการวิเคราะห์หารากของปัญหาด้วยเทคนิคการวิเคราะห์แผนผังก้างปลา เพื่อ

ใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน จากนั้นจะทำการทดลองใช้แผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันที่ปรับปรุงมาทดลองใช้และเก็บข้อมูลเพื่อคำนวณค่า MTBF และ MTTR ของเครื่องจักรโดยนำมาเปรียบเทียบกับตัวชี้วัดที่สร้างไว้ พบว่าหลังจากการใช้ระบบซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่มีการปรับปรุงส่งผลให้เครื่องจักรที่ปฏิบัติตามแผนมีค่า MTBF สูงขึ้นจากเดิม 83 ± 45 ชั่วโมงต่อครั้ง เป็น 87 ± 22 ชั่วโมงต่อครั้ง และค่า MTTR ที่ลดลงจาก 84.70 ± 32.57 นาทีต่อครั้ง เป็น 70.38 ± 33 ชั่วโมงต่อครั้ง

คำสำคัญ: การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การวิเคราะห์รากของปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

¹ นิสิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08-1551-3239 อีเมล: supat.wg@gmail.com



Improvement of Preventive Maintenance Planning of an Automobile Shaft Manufacturer by FMEA Technique

Supat Wongjirattikarn^{1*} and Suthas Ratanakuakangwan²

Abstract

Due to the substantial expansion in the automobile industry, the demand for auto parts has increased dramatically, which in turns has stimulated the competition among auto parts suppliers. In order to meet manufacturers' need, the suppliers need to have reliable maintenance management, which is the crucial factor in building credibility of the suppliers. In this research, we focus on improving the preventive maintenance system in order to reduce frequency of machine breakdown through the use of FMEA technique in analyzing causes of failures and in selecting parts of machines efficiently. Next, we employ fish bone diagram to define root causes of problems and use them to develop preventive maintenance plan.

After that, the modified preventive maintenance system was implemented; data was collected for calculating the value of the mean time between failure (MTBF) and mean time to repair (MTTR). The values were then compared with the total efficiency of the machine prior the modified plan. The result was that the total efficiency of the machines increased significantly after the system was implemented; MTBF increased from 83 ± 45 hours/time to 87 ± 22 hours/time, and MTTR decreased from 84.70 ± 32.57 min/time to 70.38 ± 33 min/time.

Keywords: Preventive Maintenance, Root Cause Analysis, Failure Mode and Effects Analysis

¹ Student, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

² Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

* Corresponding Author, Tel. 08-1551-3239, E-mail: supat.wg@gmail.com

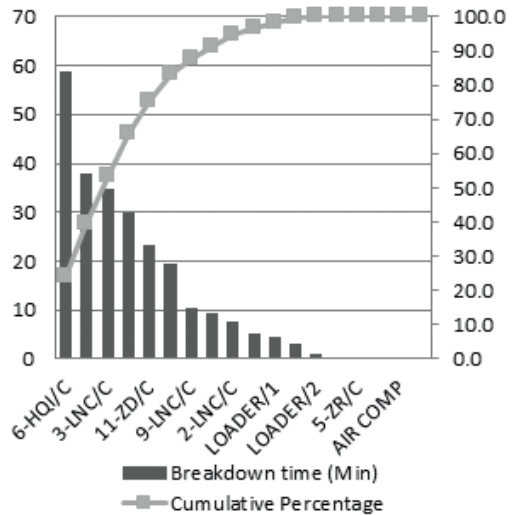
1. บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนเพลาช่างรถยนต์เป็นอุตสาหกรรมการผลิตที่มีความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ทั้งในด้านรูปแบบ ขนาด ปริมาณ และมาตรฐานตามข้อกำหนดของลูกค้าแต่ละราย ซึ่งการผลิตชิ้นงานทุกประเภทจะใช้เครื่องจักรระบบอัตโนมัติทั้งหมดจึงอาจกล่าวได้ว่าเครื่องจักรมีความสำคัญมากที่สุดต่อระบบการผลิตดังนั้นปัญหาการเสียของเครื่องจักรจึงเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่ออย่างมากในหลายด้าน ทั้งการสูญเสียในด้านโอกาสทางการขายในกรณีการผลิตสินค้าไม่ทัน การสูญเสียต้นทุนในการดำเนินการผลิต และการสูญเสียจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านคุณภาพลดลงซึ่งสะท้อนถึงต้นทุนต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ที่ลดลง

ในการลดปัญหาดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีระบบการซ่อมบำรุงรักษาที่สามารถป้องกันการขัดข้องของเครื่องจักรระหว่างดำเนินการผลิต ซึ่งในปัจจุบันโรงงานผู้ผลิตได้มีการนำระบบการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันมาใช้ในการลดการเสียของเครื่องจักรแต่ระบบดังกล่าวใช้เพียงคู่มือเครื่องจักรในการวางแผนเท่านั้น จึงไม่สามารถป้องกันการขัดข้องของเครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพจากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาถึงการวางแผนการป้องกันเครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้องระหว่างการดำเนินงานซึ่งแต่ละงานวิจัยใช้วิธีวิเคราะห์ถึงสาเหตุของการขัดข้องที่เกิดขึ้นซึ่งสามารถลดการขัดข้องของเครื่องจักรได้แต่ไม่สามารถระบุถึงความสำคัญของแต่ละปัญหาที่เกิดขึ้นได้ [1]-[3] ส่งผลให้ไม่สามารถเจาะจงปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อระบบการผลิตได้ ดังนั้นจึงได้นำเทคนิค FMEA มาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อระบุปัญหาซึ่งสามารถสะท้อนปัญหาได้ใน 3 ด้าน ทั้งด้านความรุนแรง โอกาสที่จะเกิด และความสามารถในการตรวจจับ [4]

งานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงระบบการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันโดยการนำเทคนิค FMEA มาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อระบุปัญหาการขัดข้องของเครื่องจักรที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด และใช้แผนผังก้างปลาในการวิเคราะห์รากของปัญหา โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้านคือ

Pareto Chart Machining Line



รูปที่ 1 การวิเคราะห์เพื่อจัดลำดับเครื่องจักรที่ส่งผลกระทบต่อสายการผลิตด้วยเทคนิคพาเรโต

ด้านแรงงาน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัสดุดิบ (Material) และวิธีการ (Method) เพื่อที่จะสามารถวางแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันได้อย่างตรงจุด [5]-[8] โดยจะใช้ค่าเวลาเฉลี่ยก่อนเครื่องจักรชำรุด (Mean Time Between Failure: MTBF) และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักร (Mean Time to Repair: MTTR) เป็นตัวชี้วัดผลจากการปรับปรุงระบบการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน

2. การระบุปัญหาในสายการผลิต

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการเลือกเครื่องจักร

สายการผลิตเพลาช่างรถยนต์มีลักษณะการผลิตเป็นแบบต่อเนื่องซึ่งมีเครื่องจักรทั้งหมด 18 เครื่อง จากการบันทึกข้อมูลการขัดข้องของเครื่องจักรในสายการผลิตเป็นเวลา 1 ปี เพื่อทำการวิเคราะห์หาเครื่องจักรที่ส่งผลกระทบต่อสายการผลิตโดยใช้เทคนิคพาเรโตดังรูปที่ 1 พบว่ามีเครื่องจักรจำนวน 5 เครื่องในสายการผลิตที่มีเวลาขัดข้องสูงสุดเป็น 5 อันดับแรก ซึ่งมีเวลาขัดข้องรวมเป็น 80% ของเวลาสายการผลิตขัดข้องทั้งหมด โดยในบทความวิจัยนี้จะเลือกเครื่องจักรที่มีเวลาขัดข้องสูงสุด

คือเครื่อง 6-HQI/C มาเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงของเครื่องจักรดังกล่าว ซึ่งมีค่า MTBF เฉลี่ยต่อเดือนของเครื่องจักรเท่ากับ 83 ± 45 ชั่วโมงต่อครั้ง MTTR เฉลี่ยต่อเดือนของเครื่องจักรเท่ากับ 84.70 ± 32.57 นาทีต่อครั้ง

2.2 การวิเคราะห์เลือกปัญหาโดยเทคนิค FMEA

เครื่องจักร 6 HQI-C ได้มีการจัดแบ่งหน่วยย่อยตามคู่มือเครื่องจักรไว้ทั้งหมด 19 หน่วยย่อย แต่ละหน่วยย่อยจะมีรูปแบบปัญหาที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน โดยสามารถจัดลำดับความสำคัญของปัญหาด้วยเทคนิค FMEA ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อพิจารณาลำดับความสำคัญ ความรุนแรงของความเสียหาย ความถี่ในการเกิด และความสามารถในการตรวจพบ

ขั้นตอนการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนการวิเคราะห์ FMEA

ขั้นที่ 1 ทำการรวบรวมข้อมูลการเสียหายของเครื่องจักรซึ่งประกอบไปด้วย รูปแบบการเสียหาย สาเหตุของการเสียหาย และผลกระทบที่เกิดขึ้นของแต่ละหน่วยย่อยในเครื่องจักร

ขั้นที่ 2 ทำการระดมสมองเพื่อกำหนดแนวโน้มของรูปแบบการขัดข้อง และแนวโน้มของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากแต่ละรูปแบบการขัดข้อง

ขั้นที่ 3 ทำการประเมินตัวเลขของปัจจัยความรุนแรงต่อระบบการผลิตของแต่ละรูปแบบการขัดข้อง (Severity) โดยการระดมสมองและวิเคราะห์สถิติข้อมูลเวลาการเสียหายย้อนหลังที่รวบรวมได้และผลกระทบของการเสียหายที่เกิดขึ้น [6] โดยช่วงเวลาที่ใช้จะอ้างอิงจากนโยบายของบริษัทโดยมีการกำหนดว่าหากเวลาเสียหายของเครื่องจักรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 3 ชั่วโมงให้การเสียหายดังกล่าวเป็นการเสียหายที่มีความรุนแรงสูง โดยรายละเอียดเกณฑ์คะแนนดังในตารางที่ 1

ขั้นที่ 4 ทำการประเมินตัวเลขของปัจจัยโอกาสในการเกิดสาเหตุ (Occurrence) จากการวิเคราะห์ข้อมูลการเสียหายของเครื่องจักรที่มีสาเหตุมาจากชิ้นส่วนในแต่ละชิ้นส่วนมาทำการกำหนดค่า Possible Failure Rate รายละเอียดเกณฑ์คะแนนดังในตารางที่ 2

ขั้นที่ 5 ทำการประเมินตัวเลขของปัจจัยความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (Detection) โดยการศึกษาระบบการตรวจจับข้อบกพร่องของเครื่องจักรในโรงงานตัวอย่าง และเกณฑ์การให้คะแนนระบบการตรวจจับของอุตสาหกรรมยานยนต์ (Automotive Industry Action Group (AIAG)) เพื่อวิเคราะห์และจัดตั้งเกณฑ์การให้คะแนนที่มีความเหมาะสมกับการปฏิบัติงานของโรงงานตัวอย่าง รายละเอียดเกณฑ์คะแนนดังในตารางที่ 3

ขั้นที่ 6 ทำการคำนวณค่า ลำดับคะแนนความเสี่ยง (Risk Priority Number: RPN) ซึ่งเกิดจากผลคูณของคะแนนทั้ง 3 ปัจจัย ได้แก่ ความรุนแรงต่อระบบการผลิต โอกาสในการเกิดสาเหตุ และความสามารถในการตรวจจับ โดยแต่ละปัจจัยมีการให้น้ำหนักที่แตกต่างกันตามหลักการประเมินความเสี่ยงซึ่งกำหนดค่าน้ำหนักจากผลกระทบของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต โดยมีงานวิจัยที่นำหลักการดังกล่าวมาใช้โดยทำการกำหนดค่าน้ำหนักแต่ละปัจจัยในการวิเคราะห์ FMEA เพื่อให้ค่าคะแนน RPN แต่ละปัญหาสอดคล้องกับผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสายการผลิตมากที่สุด [9] จากงานวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้จัดการประชุมเชิงปฏิบัติการกับเจ้าหน้าที่ในฝ่ายซ่อมบำรุงและฝ่ายผลิตของโรงงานตัวอย่างเพื่อกำหนดความสำคัญและค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยให้สอดคล้องกับการดำเนินงานของโรงงานตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดค่าน้ำหนักในแต่ละปัจจัยดังในตารางที่ 4

3. ผลการเลือกปัญหาโดยใช้เทคนิค FMEA

ค่า RPN ของจำนวนปัญหาทั้งหมดเมื่อนำมาจัดลำดับความสำคัญโดยเลือกปัญหาที่มีค่า RPN มากกว่าหรือเท่ากับ 15 และมีค่าคะแนนในปัจจัยความรุนแรงมากกว่า 8 ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดขึ้นระหว่างโรงงานและกลุ่มผู้ซื้อภายใต้ระบบบริหารคุณภาพอุตสาหกรรมยานยนต์ ISO/TS16949:2009 พบว่ามีปัญหาที่อยู่ในเกณฑ์ดังกล่าวอยู่ 4 ปัญหา ซึ่งรายละเอียดคะแนนในแต่ละปัจจัยแสดงในตารางที่ 5



ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนในปัจจัยด้านความรุนแรงของปัญหา (Severity)

ผลกระทบจากการเสียของเครื่องจักร	ระดับคะแนน
การเสียหายที่เกิดขึ้นส่งผลให้เครื่องจักรหยุดมากกว่า 3 ชั่วโมง หรือมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเกิน 50% ของงบประมาณในการซ่อมบำรุงต่อเดือน	10
การเสียหายที่เกิดขึ้นส่งผลให้เครื่องจักรหยุดมากกว่า 2 ชั่วโมง แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 ชั่วโมงและมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเกิน 20% ของงบประมาณในการซ่อมบำรุงต่อเดือน	9
การเสียหายที่เกิดขึ้นส่งผลให้เครื่องจักรหยุดมากกว่า 2 ชั่วโมง แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 ชั่วโมง	8
การเสียหายที่เกิดขึ้นส่งผลให้เครื่องจักรหยุดมากกว่า 1 ชั่วโมง แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 ชั่วโมงและมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเกิน 20% ของงบประมาณในการซ่อมบำรุงต่อเดือน	7
การเสียหายที่เกิดขึ้นส่งผลให้เครื่องจักรหยุดมากกว่า 1 ชั่วโมง แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 ชั่วโมง	6
การเสียหายที่เกิดขึ้นส่งผลให้เครื่องจักรหยุดมากกว่า 30 นาที แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ชั่วโมงและมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเกิน 20% ของงบประมาณในการซ่อมบำรุงต่อเดือน	5
การเสียหายที่เกิดขึ้นส่งผลให้เครื่องจักรหยุดมากกว่า 30 นาที แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ชั่วโมง	4
การเสียหายที่เกิดขึ้นส่งผลให้เครื่องจักรหยุดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 นาที และมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเกิน 20% ของงบประมาณในการซ่อมบำรุงต่อเดือน	3
การเสียหายที่เกิดขึ้นส่งผลให้เครื่องจักรหยุดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 นาที	2
ไม่มีผลกระทบต่อสายการผลิต	1

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนในปัจจัยด้านโอกาสในการเกิดปัญหา (Occurrence)

ความถี่ในการเกิด	เกณฑ์การตัดสินใจ: ความเป็นไปได้ในการเกิดการขัดข้อง	ระดับคะแนน
สูงมาก	เครื่องจักรขัดข้อง >1 ครั้งในชั่วโมงการทำงาน 1000 ชั่วโมง (มากกว่า 0.001)	10
	เครื่องจักรขัดข้อง >1 ครั้งในชั่วโมงการทำงาน 1500 ชั่วโมง (มากกว่า 0.000667) แต่ ≤ 1 ครั้งในชั่วโมงการทำงาน 1000 ชั่วโมง (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.001)	9
สูง	เครื่องจักรขัดข้อง >1 ครั้งในชั่วโมงการทำงาน 2000 ชั่วโมง (มากกว่า 0.0005) แต่ ≤ 1 ครั้งในชั่วโมงการทำงาน 1500 ชั่วโมง (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.000667)	8
	เครื่องจักรขัดข้อง >1 ครั้งในชั่วโมงการทำงาน 2500 ชั่วโมง (มากกว่า 0.0004) แต่ ≤ 1 ครั้งในชั่วโมงการทำงาน 2000 ชั่วโมง (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.0005)	7
ปานกลาง	เครื่องจักรขัดข้อง >1 ครั้งในชั่วโมงการทำงาน 3000 ชั่วโมง (มากกว่า 0.000333) แต่ ≤ 1 ครั้งในชั่วโมงการทำงาน 2500 ชั่วโมง (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.0004)	6
	เครื่องจักรขัดข้อง >1 ครั้งในชั่วโมงการทำงาน 3500 ชั่วโมง (มากกว่า 0.000286) แต่ ≤ 1 ครั้งในชั่วโมงการทำงาน 3000 ชั่วโมง (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.000333)	5
ต่ำ	เครื่องจักรขัดข้อง >1 ครั้งในชั่วโมงการทำงาน 4000 ชั่วโมง (มากกว่า 0.00025) แต่ ≤ 1 ครั้งในชั่วโมงการทำงาน 3500 ชั่วโมง (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.000286)	4
	เครื่องจักรขัดข้อง >1 ครั้งในชั่วโมงการทำงาน 4500 ชั่วโมง (มากกว่า 0.000222) แต่ ≤ 1 ครั้งในชั่วโมงการทำงาน 4000 ชั่วโมง (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.00025)	3
ต่ำมาก	เครื่องจักรขัดข้อง >1 ครั้งในชั่วโมงการทำงาน 5000 ชั่วโมง (มากกว่า 0.0002) แต่ ≤ 1 ครั้งในชั่วโมงการทำงาน 4500 ชั่วโมง (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.000222)	2
แทบไม่เกิด: ความล้มเหลวไม่น่าจะเกิดขึ้นเลย	เครื่องจักรขัดข้อง ≤ 1 ครั้งในชั่วโมงการทำงาน 5000 ชั่วโมง (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.0002)	1



ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนในปัจจัยด้านความสามารถในการตรวจจับ (Detection)

ระดับการตรวจจับ	เกณฑ์การตัดสินใจ: ความเป็นไปได้ในการเกิดการขัดข้อง	ระดับคะแนน
เกือบจะเป็นไปไม่ได้	การควบคุมไม่สามารถตรวจหาสาเหตุ/กลไก ลักษณะข้อบกพร่องได้ หรือไม่มีการควบคุม	10
น้อยมาก	การควบคุมสามารถตรวจพบสาเหตุ/กลไก ลักษณะข้อบกพร่องได้น้อยมาก (ระบบของการตรวจสอบเป็นแบบสุ่มตรวจ)	9
น้อย	การควบคุมสามารถตรวจพบสาเหตุ/กลไก ลักษณะข้อบกพร่องได้น้อย (สามารถตรวจพบได้หลังการเสียเกิดขึ้น ด้วยการใช้สายตา)	8
ต่ำมาก	การควบคุมสามารถตรวจพบสาเหตุ/กลไก ลักษณะข้อบกพร่องได้ต่ำมาก (สามารถตรวจพบได้หลังการเสียเกิดขึ้น ด้วยสายตาสองครั้ง การสัมผัส หรือเสียงเท่านั้น)	7
ต่ำ	การควบคุมสามารถตรวจพบสาเหตุ/กลไก ลักษณะข้อบกพร่องได้ต่ำ (สามารถตรวจพบได้หลังการเสียเกิดขึ้น ด้วยการใช้เครื่องมือ)	6
พอสมควร	การควบคุมสามารถตรวจพบสาเหตุ/กลไก ลักษณะข้อบกพร่องได้พอสมควร (สามารถตรวจพบการเสียของเครื่องจักรได้ระหว่างการปฏิบัติงาน ด้วยการใช้เครื่องมือ)	5
สูงพอสมควร	การควบคุมสามารถตรวจพบสาเหตุ/กลไก ลักษณะข้อบกพร่องได้สูงพอสมควร (สามารถตรวจพบการเสียของเครื่องจักรได้ก่อนการเสีย ด้วยการใช้เครื่องมือ)	4
สูง	การควบคุมสามารถตรวจพบสาเหตุ/กลไก ลักษณะข้อบกพร่องได้สูง (มีระบบอัตโนมัติในการตรวจจับการเสียระหว่างดำเนินการผลิต)	3
สูงมาก	การควบคุมสามารถตรวจพบสาเหตุ/กลไก ลักษณะข้อบกพร่องได้สูงมาก (มีระบบอัตโนมัติในการตรวจจับและหยุดการเสียระหว่างดำเนินการผลิต)	2
เกือบสมบูรณ์	การควบคุมสามารถตรวจพบสาเหตุ/กลไก ลักษณะข้อบกพร่องได้เกือบสมบูรณ์ (มีระบบอัตโนมัติในการแจ้งเตือนก่อนเกิดการเสีย)	1

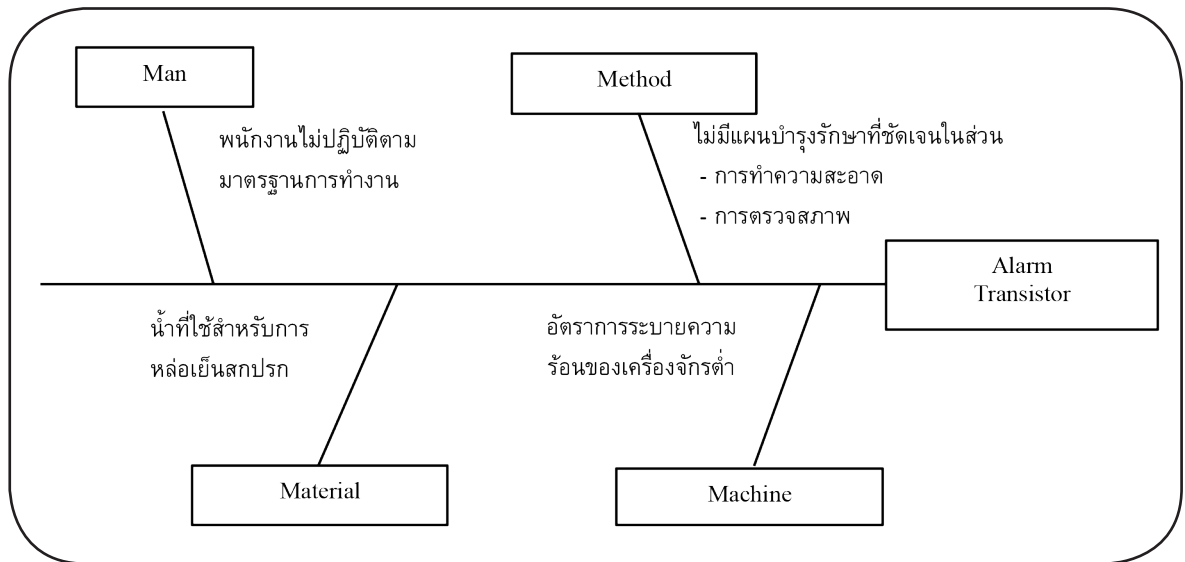
ที่มา: Automotive Industry Action Group (AIAG) และ Failure Mode and Effect Analysis 4th Edition

ตารางที่ 4 การให้ค่าน้ำหนักแต่ละปัจจัย

ปัจจัยสำหรับการวิเคราะห์ FMEA	ค่าน้ำหนัก
ปัจจัยด้านความรุนแรงของปัญหา (Severity)	0.5
ปัจจัยด้านโอกาสในการเกิดปัญหา (Occurrence)	0.35
ปัจจัยด้านความสามารถในการตรวจจับ (Detection)	0.15

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ FMEA ของปัญหาที่เกิดขึ้นในเครื่องจักร

Equipment failure mode and effects analysis						
เครื่องจักร: 6HQ/C						
หน่วยย่อยในเครื่องจักร	เลขแจ้งเตือน	รูปแบบปัญหา	น้ำหนัก: 0.5	น้ำหนัก: 0.35	น้ำหนัก: 0.15	RPN
			Severity (S)	Occurrence (O)	Detection (D)	
CONTROL	1100001242	ALARM TRANSISTOR	10	10	10	26.25
	1100003480	ALARM SERVO	8	4	8	6.72
QUENCHING WATER	1100002520	ALARM THE TEMPERATURE OF QUENCHING WATER	8	4	6	5.04
TRANSFORMER	1100001326	SENSOR SUPPORT ช้ารูด	8	6	8	10.08



รูปที่ 2 การวิเคราะห์หารากของปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา

จากปัญหาทั้งหมดในบทความวิจัยนี้จะเลือกปัญหา Alarm Transistor ซึ่งมีค่า RPN เท่ากับ 26.25 ซึ่งสูงที่สุด ในจำนวนปัญหาทั้งหมดมาแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ เพื่อหาสาเหตุของปัญหาและวางแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันโดยค่า RPN คำนวณจาก ผลคูณของคะแนนในแต่ละปัจจัยที่ผ่านการคูณด้วยค่าน้ำหนักที่กำหนดประกอบไปด้วย คะแนนปัจจัยความรุนแรง คะแนนปัจจัยโอกาสในการเกิด และคะแนนปัจจัยความสามารถในการตรวจจับซึ่งมีค่าเท่ากับ 5, 3.5 และ 1.5 ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาจะใช้แผนผังก้างปลาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ [4] โดยจำแนกสาเหตุของปัญหาออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านแรงงาน ด้านเครื่องจักร ด้านวัตถุดิบ และด้านวิธีการ ซึ่งจะทำการประชุมกับฝ่ายที่เกี่ยวข้องทั้งฝ่ายการผลิตและซ่อมบำรุงเพื่อเจาะจงสาเหตุของปัญหาให้ตรงจุดมากที่สุด

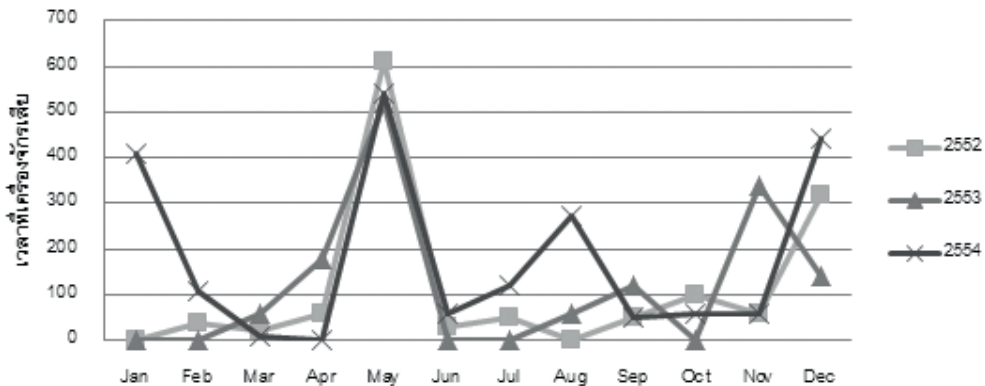
จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลาดังรูปที่ 2 พบว่าปัญหา Alarm Transistor เกิดขึ้นจากสาเหตุทั้ง 4 ด้าน ดังนี้

ด้านแรงงาน พนักงานในสายการผลิตมักทำการปรับค่าแรงดันน้ำให้ต่ำกว่าแรงดันที่กำหนดซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพในการหล่อเย็นลดต่ำลงจึงเป็นเหตุให้เกิดความร้อนสะสมเพิ่มสูงจนทำให้แผงวงจรเกิดการเสียหาย ด้านเครื่องจักร ระบบหล่อเย็นของเครื่องจักรที่ใช้ไม่มีประสิทธิภาพ อัตราการระบายความร้อนจากแผงวงจรต่ำ

ด้านวัตถุดิบ น้ำที่ใช้ในการหล่อเย็นสกปรกจึงมีการอุดตันขึ้นที่ระบบการหล่อเย็นส่งผลให้การหล่อเย็นไม่มีประสิทธิภาพเครื่องจักรจึงทำงานภายใต้สภาวะที่ไม่เหมาะสม

ด้านวิธีการ ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ใช้ในปัจจุบันไม่มีมาตรการการบำรุงรักษาที่ชัดเจน ทั้งด้านการตรวจสภาพ และการทำความสะอาด

โดยสาเหตุทั้ง 4 ด้านมักจะเกิดและสะสมจนทวีความรุนแรงมากขึ้นส่งผลให้แผงควบคุมวงจรเสียหายอย่างรุนแรง ทำให้สูญเสียค่าใช้จ่ายทั้งในด้าน แรงงาน ค่าอะไหล่ และค่าสูญเสียโอกาสการขาย ดังนั้นการจะลดปัญหาดังกล่าวจึงต้องมีการกำหนดมาตรการการบำรุงรักษาและแนวทางในการแก้ปัญหาที่ชัดเจนเพื่อลดการเสียที่เกิดขึ้น



รูปที่ 3 ข้อมูลการเสียหายของเครื่องจักรจากปัญหา Alarm Transistor ในปี พ.ศ. 2552-2554

5. การวางแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน

จากการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาทั้ง 4 ด้านพบว่าแนวทางในการแก้ไขที่สามารถดำเนินการได้มี 3 ด้าน ได้แก่ ด้านแรงงาน แก้ไขโดยจัดให้มีการตรวจสอบการปฏิบัติงานของพนักงานทุกๆ 3 ชั่วโมง เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน

ด้านวัตถุดิบ แก้ไขโดยทำความสะอาดระบบหล่อเย็น และเปลี่ยนน้ำที่ใช้ในการหล่อเย็น

ด้านวิธีการ แก้ไขโดยวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมในตรวจสภาพซ่อมบำรุงจากข้อมูลการเสียหายที่เกิดขึ้นในอดีต

ในด้านเครื่องจักรแนวทางการแก้ไขคือการเปลี่ยนระบบหล่อเย็นในเครื่องจักรซึ่งสามารถดำเนินการได้เนื่องจากข้อจำกัดของโรงงานตัวอย่าง

การวางแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ การวิเคราะห์ข้อมูลการเสียหายของเครื่องจักรในอดีตเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการจัดช่วงเวลาที่เหมาะสมในการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน และการเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติตามแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันกับการปล่อยให้เครื่องจักรเกิดการขัดข้อง

5.1 การวิเคราะห์เพื่อจัดทำแผนซ่อมบำรุง

การวิเคราะห์เพื่อจัดทำแผนซ่อมบำรุงจะรวบรวมข้อมูลการเสียหายที่เกิดขึ้นของปัญหา Alarm Transistor

เป็นเวลา 3 ปีย้อนหลัง เพื่อหารูปแบบช่วงระยะเวลาการเสียหาย โดยพบว่าการเสียหายของเครื่องจักรมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกันในแต่ละปี คือเริ่มจากการเสียหายเล็กน้อยสะสมไปถึงการเสียหายอย่างรุนแรง (เวลาเสียหายมากกว่าหรือเท่ากับ 3 ชั่วโมง) ซึ่งเกิดขึ้นทุก 4-6 เดือน และจากข้อมูลในอดีตพบว่าเวลาเสียหายอย่างรุนแรงเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 20.19 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 3 จึงเลือกช่วงเวลาในการจัดทำแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกันทุกๆ 4 เดือน คือเดือน กุมภาพันธ์ มิถุนายน และตุลาคม เพื่อให้ช่วงการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันครอบคลุมการเสียหายที่เกิดขึ้น โดยแผนการซ่อมบำรุงประกอบไปด้วยการทำความสะอาดระบบหล่อเย็นด้วยสารเคมี และการเปลี่ยนน้ำที่ใช้ในการหล่อเย็นซึ่งทั้ง 2 กิจกรรมใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 5 ชั่วโมงต่อครั้ง

5.2 การเปรียบเทียบผลกระทบ

จากแผนซ่อมบำรุงที่จัดทำขึ้นต้องทำการวิเคราะห์ผลกระทบระหว่างกรณีที่เกิดขึ้นตามแผนการซ่อมบำรุง และกรณีที่ปล่อยให้เหตุขัดข้องของเครื่องจักรเกิดขึ้น (ข้อมูลจากสถิติ) โดยเปรียบเทียบค่าแรง ค่าอะไหล่ ค่าสูญเสียโอกาสการขาย ของทั้ง 2 กรณี รายละเอียดของการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 6 โดยค่าสูญเสียโอกาสในการขายคำนวณและค่าแรงคำนวณจากจากสมการที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

สมการที่ 1

ค่าสูญเสียโอกาสในการขาย เท่ากับ

$$\frac{(\text{เวลาที่ใช้ในการซ่อม})}{(\text{รอบการผลิต})} \times (\text{มูลค่าของสินค้าที่ผลิต})$$

สมการที่ 2

ค่าแรง เท่ากับ

$$(\text{เวลาที่ใช้ในการซ่อม}) \times (\text{ค่าแรงงานต่อชั่วโมง})$$

โดย รอบการผลิต มีค่าเท่ากับ 58 วินาที

มูลค่าของสินค้าที่ผลิต มีค่าเท่ากับ 1,120 บาท

ค่าแรงต่อชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 6,100 บาท/ชั่วโมง

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการผลิตระหว่างการปฏิบัติตามแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันและการปล่อยให้เหตุขัดข้องของเครื่องจักรเกิดขึ้น

ปัจจัยที่ใช้การวิเคราะห์	กรณี:ปฏิบัติตามแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน	กรณี:ปล่อยให้เหตุขัดข้องของเครื่องจักรเกิดขึ้น
เวลาที่ใช้ในการซ่อม (ชั่วโมง/ปี)	15	20.19
ค่าแรง (บาท)	91,500	123,220
ค่าอะไหล่เฉลี่ย (บาท/ปี)	45,000	480,000
ค่าสูญเสียโอกาสการขาย (บาท)	1,042,105	1,389,473
รวม (บาท)	1,133,620	1,992,713

จากการวิเคราะห์ผลกระทบพบว่า กรณีที่ปฏิบัติตามแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกันมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการปล่อยให้เหตุขัดข้องเกิดขึ้นในอดีต 859,093 บาทต่อปี จึงได้นำแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันไปปฏิบัติ และบันทึกข้อมูลการขัดข้องของหน่วยย่อย Control ในเครื่องจักร 6HQI-C เป็นระยะเวลา 1 ปี

6. สรุป

ผลจากการนำแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันที่จัดทำขึ้นไปปฏิบัติสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ความถี่ของการขัดข้องที่เกิดขึ้นในเครื่องจักร 6HQI-C จากปัญหา Alarm Transistor ลดลงจาก 9 ครั้งต่อปี (ค่าเฉลี่ยสถิติการเสียย้อนหลัง 3 ปี) เหลือ 1 ครั้งในปีที่ได้เริ่มนำแผนมาใช้ โดยการขัดข้องเกิดขึ้นจากระบบระบายความร้อนของเครื่องจักรไม่ทำงานซึ่งเป็นข้อจำกัดจากตัวเครื่องจักร

2) เวลาการขัดข้องของเครื่องจักรจากปัญหา Alarm Transistor เฉลี่ยต่อปีลดลง จากเดิมมีเวลาการเสียเฉลี่ยของเครื่องจักรเท่ากับ 20.19 ชั่วโมงต่อปี (ค่าเฉลี่ยสถิติการเสียย้อนหลัง 3 ปี) เหลือ 2 ชั่วโมงต่อปีซึ่งเมื่อรวมกับเวลาซ่อมบำรุงส่งผลให้สายการผลิตหยุดเป็นเวลา 17 ชั่วโมง

3) ค่า MTBF เฉลี่ยต่อเดือนของเครื่องจักร มีค่าเท่ากับ 87 ± 22 ชั่วโมงต่อครั้ง ซึ่งสูงขึ้นจากเดิมที่มีค่า MTBF เฉลี่ยต่อเดือนของเครื่องจักร เท่ากับ 83 ± 45 ชั่วโมงต่อครั้งเนื่องจากความถี่การขัดข้องจากปัญหา Alarm Transistor ลดลง รายละเอียดสถิติค่า MTBF แสดงดังในตารางที่ 7

4) จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาทำให้ทราบแนวทางในการแก้ไข ดังนั้นการแก้ไขปัญหาจึงดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว ประกอบกับความถี่ของปัญหาจาก Alarm Transistor ลดลง ส่งผลให้ค่า MTTR เฉลี่ยต่อเดือนของเครื่องจักร เท่ากับ 70.38 ± 33 นาทีต่อครั้ง ซึ่งลดลงจากเดิมที่มีค่า MTTR เฉลี่ยต่อเดือนของเครื่องจักรเท่ากับ 84.70 ± 32.57 นาทีต่อครั้ง รายละเอียดสถิติค่า MTTR แสดงดังในตารางที่ 7

5) ค่าใช้จ่ายการผลิตและการซ่อมบำรุงเฉพาะปัญหา Alarm Transistor หลังการปฏิบัติตามแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกันที่ปรับปรุง ลดลง 542,200 บาทคิดเป็น 27% จากค่าใช้จ่ายในการผลิตและการซ่อมบำรุงก่อนปฏิบัติตามแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกันซึ่งเท่ากับ 1,992,713 บาท รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการผลิตและการซ่อมบำรุงหลังใช้แผนการซ่อมบำรุงที่ปรับปรุงแสดงดังในตารางที่ 8

ตารางที่ 7 สถิติการขัดข้องและตัวชี้วัดของเครื่องจักร 6HQI-C หลังการปฏิบัติตามแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน

เดือน	เวลาทำงาน (ชั่วโมง)	เวลาขัดข้อง (%)	ความถี่ (ครั้ง)	MTBF (ชั่วโมงต่อครั้ง)	MTTR (ครั้งต่อนาที)
ม.ค.	519	3.15	7	86.5	140.00
ก.พ.	501	0.78	6	83.58	39.17
มี.ค.	569	1.60	10	56.91	54.50
เม.ย.	497	1.12	6	82.93	55.83
พ.ค.	568	2.07	10	56.85	70.50
มิ.ย.	547	0.70	4	136.80	57.50
ก.ค.	547	1.90	6	91.22	104.17
ส.ค.	597	1.34	8	74.67	60.00
ก.ย.	590	0.68	7	84.35	34.29
ต.ค.	614	0.72	5	122.97	54.50
พ.ย.	565	0.84	6	78.85	47.5
ธ.ค.	503	2.52	6	83.83	126.67

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการผลิตและการซ่อมบำรุงที่เกิดจากปัญหา Alarm Transistor ระหว่างการปฏิบัติตามแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกันกับข้อมูลค่าใช้จ่ายในการผลิตและการซ่อมบำรุงจากเหตุขัดข้องในอดีต

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น	หลังการปฏิบัติตามแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน	ก่อนการปฏิบัติตามแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน
ค่าแรง (บาท)	103,700	123,220
ค่าอะไหล่ (บาท)	165,000	480,000
ค่าสูญเสียโอกาสการขาย (บาท)	1,181,793	1,389,473
รวม (บาท)	1,450,493	1,992,713

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณบัณฑิตศึกษา และภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Chaiyose Vacharayoo, "Maintenance system improvement for increasing productivity of

medium weaving industry," Master's thesis, Industrial Engineering Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, 1990.

- [2] Danai Saraithong, "Failure analysis of the machine for increasing preventive maintenance efficiency case study: a motorcycle parts manufacturing plant," Master's thesis, Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, 1977.
- [3] Pongsakon Saengpongpaew, "Cause analysis and prevention method of machine break-down in the shock-absorber production line," Master's thesis, Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, 1970.
- [4] Tepprasit Paitoonvisuttiyarn, "Defective reduction in automotive headlining manufacturing process by process failure mode and effect analysis (PFMEA) technique," Master's thesis, Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, 2009.
- [5] Pornsawan Puyatorn, "Improvement of machine preventive maintenance planning system : a case



- of an integrated circuit manufacturing factory,” Master’s thesis, Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, 1997.
- [6] Plawut Wongwiwat, “An improvement of maintenance system for increasing production efficiency in the transformer factory,” Master’s thesis, Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, 2000.
- [7] Kadir Cicek, H. Hasan, Turan, Y. Ilker, and M. NahitSearslan, “Risk-Based Preventive Maintenance Planning using Failure Mode Effect Analysis (FMEA) for Marine Engine System,” *Engineering System Management and Its Applications (ICESMA)*, 2010, pp. 1-6.
- [8] Z. De Lemos, “FMEA Software Program for Managing Preventive Maintenance of Medical Equipment” in *Bioengineering Conference*, 2004, pp.247-248.
- [9] M.W. Ying, S.C. Kwai, K.P. Gary, and B.Y. Jian, “Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean,” *ScienceDirect*, vol.36, pp.1195-1207, 2009.