

การพัฒนาการวิเคราะห์ผลกระทบจากความขัดข้องสำหรับการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ

กฤษฎา ฝ่ายไทย

TNI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2557

CONSEQUENCE OF FAILURE ANALYSIS DEVELOPMENT
FOR RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE

Krisada Phaithai

TNI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for The Degree of Master of Engineering Program in Engineering Technology

Graduate School

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2014

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาการวิเคราะห์ผลกระทบจากความขัดข้องสำหรับ
การบำรุงรักษานบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ

โดย

กฤษฎา ฝ้ายไทย

สาขาวิชา

เทคโนโลยีวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิสุทธิ์ สุพิทักษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวดี วงษ์สุวรรณ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน)

กฤษฎา ฝ่ายไทย : การพัฒนาการวิเคราะห์ผลกระทบจากความขัดข้องบนสำหรับการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ. อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรินทร์, 65 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการวิเคราะห์ผลกระทบจากความขัดข้อง (Consequence of Failure Analysis : COFA) โดยการพัฒนาการแบ่งประเภทความวิกฤติ 4 ประเภทได้แก่ Critical Component, Potential Component, Economic Component และ Run To Failure Component โดยนำเอาระดับการตรวจจับชิ้นส่วน 4 ระดับมาเป็นเกณฑ์การพัฒนาซึ่งได้แก่ ชิ้นส่วนที่ไม่มีการตรวจจับ ชิ้นส่วนที่ตรวจจับได้ด้วยประสาทสัมผัส ชิ้นส่วนที่ตรวจจับได้ด้วยอุปกรณ์ และ ชิ้นส่วนที่ตรวจจับได้ตลอดเวลา ซึ่งจากรวมเข้าด้วยกันของทั้ง 2 เกณฑ์นี้ ผู้วิจัยสามารถเพิ่มประเภทของชิ้นส่วนได้เป็น 16 ประเภทซึ่งเรียกว่า โคฟaplัส (COFA+)

การประยุกต์ใช้งาน COFA+ นี้ทำให้เกิดความหลากหลายของประเภทชิ้นส่วนมากขึ้น และประเภทของชิ้นส่วนยังมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น ซึ่งจะทำให้การบำรุงรักษาเชิงรุกมีความเหมาะสมมากขึ้น ได้สรุปเป็นตาราง COFA+ ซึ่งเป็นหนึ่งในกระบวนการของการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ และชิ้นส่วนที่แบ่งแยกตามประเภทของ COFA+ นั้นยังสามารถบอกได้ถึงกิจกรรมการบำรุงรักษาและรวมถึงการวางแผนการบำรุงรักษาในระยะยาว

จากการพัฒนา COFA+ นี้ได้นำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์ สามารถลดอัตราการขัดข้องได้ จากร้อยละ 0.59 เป็นร้อยละ 0.27 และสามารถลดต้นทุนการผลิตได้เป็นจำนวนเงิน 93,233 บาท ต่อเดือน

บัณฑิตวิทยาลัย

สาขาวิชา เทคโนโลยีวิศวกรรม

ปีการศึกษา 2557

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

KRISADA PHAITHAI : CONSEQUENCE OF FAILURE ANALYSIS DEVELOPMENT
FOR RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE. ADVISOR : DR. DUMRONGKIAT
RATANA-AMORNPIN, 65 PP.

This research proposes concepts for consequence of failure analysis (COFA) for reliability centered maintenance (RCM) by developing 4 traditional classified consequences and the conclusion of components failure which consists of 4 levels of detection. The 4 traditional classified consequences are critical components, potential critical components, economic components and run to failure (RTF) components. While the conclusion of components failure which consists of 4 levels of detection are distinguished no detection, visualized detection, device-oriented detection and real-time detection. By combining these 2 criteria, we finally got 16 categories of consequences, called COFA+. Applying COFA+ is effective for classifying the consequences of failure analysis to various categories. Moreover its results is close to the realistic situation especially when the details of failure is high since it enhanced deterioration details. This, COFA+ is a proactive and appropriate maintenance operation.

A COFA+ table is also presented in this research for predetermination about a logical requirement of RCM. Each cell of the matrix represents the type of maintenance, maintenance tasks and a long-term maintenance plan. In conclusion, after 6 months of COFA+ deployment, the failure rate was increased from 0.59% to 0.27% . Besides, cost was reduced 93,233 Baht per month.

Graduate School
Field of Engineering of Technology
Academic Year 2014

Student's Signature.....
Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ด้วยความช่วยเหลือจากหลายบุคคล จึงขอขอบพระคุณ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์ ดร.ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาผู้จุดประกายและเรียบเรียงตรวจทาน งานวิจัยนี้ให้สำเร็จเป็นอย่างดี ขอขอพระคุณ ผศ.ดร.วิภาวดี วงษ์สุวรรณ และ ผศ.ดร.พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์ สำหรับคำแนะนำต่างๆ ต่องานวิจัยฉบับนี้ และขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วิสุทธิ สุพิทักษ์ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่เสียสละเวลาอันมีค่าในการชี้แนะการปรับปรุง เพื่อให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอพระคุณเพื่อนนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น หลักสูตร MET รุ่น 3 ที่ช่วยให้คำแนะนำต่างๆ สำหรับแนวทางการวิจัยและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว รวมถึง หัวหน้าและเพื่อนร่วมงานที่เป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยเสมอมา

กฤษฎา ฝ่ายไทย

TNI

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญรูป	ญ
 บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 สภาพความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 แผนการดำเนินงานวิจัย	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การบำรุงรักษามบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ (Reliability Centered Maintenance : RCM).....	4
2.2 การวิเคราะห์ผลกระทบจากความขัดข้อง (Consequence of Failure Analysis : COFA).....	5
2.3 ความน่าเชื่อถือ (Reliability) และอัตราการขัดข้อง (Failure Rate).....	8
2.4 การวิเคราะห์วิธีการตรวจจับ (Detection Methodology Analysis).....	10
2.5 การคัดเลือกประเภทการบำรุงรักษา.....	13
2.6 ดัชนีเครื่องจักร	16
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3	วิธีการดำเนินงาน..... 21
3.1	วิเคราะห์วิธีการของ COFA..... 21
3.2	การวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้อง 22
3.3	การแบ่งประเภทการตรวจจับ 25
3.4	การแบ่งระดับความสามารถการตรวจจับของชิ้นส่วนเครื่องจักร..... 26
3.5	การแบ่งประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนเครื่องจักร แบบโคฟaplัส (COFA+) 28
3.6	การกำหนดโปรแกรมการบำรุงรักษา..... 30
4	ผลการวิจัย..... 34
4.1	ผลการวิจัย..... 34
4.2	การวัดและประเมินผล 39
5	สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 43
5.1	บทวิจารณ์ 43
5.2	สรุปเนื้อหาที่สำคัญ..... 44
5.3	ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัย..... 45
5.4	ข้อเสนอแนะ..... 46
บรรณานุกรม	 48
ภาคผนวก	 51
ภาคผนวก ก. ตารางการวิเคราะห์ COFA+	 52
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	65

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 แผนงานและระยะเวลาดำเนินงาน	3
2.1 COFA Work Sheet	8
2.2 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการตรวจจับ.....	13
2.3 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
3.1 ประเภทชิ้นส่วน COFA.....	21
3.2 ข้อมูลการตัดช่องเครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์	23
3.3 ประเภทของสาเหตุการตัดช่อง	24
3.4 การแบ่งระดับความสามารถการตรวจจับของชิ้นส่วนเครื่องจักร.....	27
3.5 ประเภทระดับความสำคัญโดย COFA+.....	29
3.6 โปรแกรมการบำรุงรักษาตามหลักการ COFA+	32
4.1 จำนวนชิ้นส่วนของเครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์	34
4.2 จำนวนลักษณะการตัดช่องในแต่ละระดับความสำคัญของ COFA+.....	36
4.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์ COFA+.....	37
4.4 ผลและการเปรียบเทียบการบำรุงรักษา.....	38
4.5 เปรียบเทียบผลการบำรุงรักษาก่อนและหลังการประยุกต์ใช้ RCM COFA+.....	39
4.6 การเปรียบเทียบต้นทุนรอบ 6 เดือน	40
4.7 ค่าใช้จ่ายการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์	41
4.8 เปรียบเทียบต้นทุน-กำไรต่อ 6 เดือน.....	41
ก.1 การวิเคราะห์ COFA+.....	53

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 การคัดกรองชิ้นส่วนด้วยกระบวนการ COFA.....	6
2.2 RCM COFA Logic Tree.....	7
2.3 Bathtub Curve.....	8
2.4 ช่วงเวลาของการบำรุงรักษา (ΔTW).....	10
2.5 ประเภทการบำรุงรักษา.....	14
2.6 การเลือกโปรแกรมการบำรุงรักษา.....	15
3.1 กราฟแสดงสาเหตุการขัดข้องของเครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์.....	25
3.2 การเลือกโปรแกรมการบำรุงรักษาตามประเภทชิ้นส่วนตามหลักการ COFA+	31
3.3 ผังงาน COFA+.....	33
4.1 โครงสร้างเครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์.....	35

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

บทที่ 1

บทนำ

1.1 สภาพความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันกระบวนการผลิตที่มีผลผลิตสูงย่อมสร้างความได้เปรียบด้านต้นทุนมากกว่าคู่แข่ง ในโรงงานย่อมมีกิจกรรมที่ทำให้กระบวนการผลิตมีผลผลิตเป็นไปตามแผนที่วางไว้ด้วยกิจกรรมต่างๆ เช่นด้านความปลอดภัย ด้านคุณภาพ ด้านผลผลิตและด้านต้นทุน ล้วนแล้วแต่มีความสำคัญต่อผลผลิตของการผลิตทั้งสิ้น และสิ่งที่มีผลกระทบต่อการผลิตโดยตรงมากที่สุดคงจะหลีกเลี่ยงไม่พ้นเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งหากเครื่องจักรและอุปกรณ์มีความน่าเชื่อถือสูงก็จะทำให้การผลิตเป็นไปอย่างราบรื่น ในทางตรงข้าม ถ้าเครื่องจักรมีความน่าเชื่อถือต่ำก็จะส่งผลกระทบต่อการผลิตโดยตรง ดังนั้นทุกๆ บริษัทย่อมจะมุ่งเน้นในด้านการบำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีความสมรรถภาพและมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น การวางแผนการบำรุงรักษาที่ดีเป็นสิ่งที่ทุกๆ องค์กรคาดหวัง และเป็นภารกิจที่พนักงาน หัวหน้างาน รวมถึงผู้จัดการจะต้องร่วมกันพัฒนาปรับปรุงวิธีการต่างๆ ที่จะทำให้การวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรให้สัมฤทธิ์ผลตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้

ในแต่ละเครื่องจักรจะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนต่างๆ มากมาย ซึ่งในแต่ละชิ้นส่วนก็จะมี ความสำคัญแตกต่างกันไปสำหรับชิ้นส่วนที่เมื่อเกิดการขัดข้องและมีผลกระทบต่อการกระบวนการผลิต ก็จะเป็นชิ้นส่วนที่มีความสำคัญและต้องดูแลอย่างสม่ำเสมอ ในทางตรงข้ามสำหรับชิ้นส่วนที่เมื่อเกิดการขัดข้องและไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตจะเป็นชิ้นส่วนที่มีความสำคัญน้อยลงมาตามลำดับ ดังนั้นการวิเคราะห์ผลกระทบจากการขัดข้อง(Consequence of Failure Analysis : COFA) ของเครื่องจักรจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะกำหนดวิธีการบำรุงรักษาให้เหมาะสมกับชิ้นส่วนต่างๆ ในเครื่องจักร

การบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ (Reliability Centered Maintenance : RCM) เป็นกลยุทธ์หนึ่งเพื่อการค้นหาลักษณะความผิดปกติหรือความขัดข้องของเครื่องจักร และบอกถึงสาเหตุแห่งการขัดข้องของเครื่องจักร และเป็นการจัดลำดับความสำคัญของอุปกรณ์ต่างๆ ในเครื่องจักรเพื่อนำไปพิจารณา เพื่อการวางแผนงานซ่อมบำรุงให้เหมาะสมตามลำดับความสำคัญ เพื่อให้เครื่องจักรมีความน่าเชื่อถือเพิ่มมากขึ้นและมีค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงที่เหมาะสม โดยการผสมผสานแต่ละประเภทของการบำรุงรักษา คือ การบำรุงรักษาตามสภาพ การบำรุงรักษาตามระยะเวลา การบำรุงรักษาเชิงแก้ไข เพื่อเป็นการกำหนด กิจกรรมการบำรุงรักษาให้เหมาะสมในแต่ละประเภทของชิ้นส่วนเครื่องจักร

การวิเคราะห์ผลกระทบจากการขัดข้อง (COFA) เป็นหนึ่งในขั้นตอนของ RCM ได้มีการแบ่งระดับความวิกฤตออกเป็น 4 ประเภท คือ ชิ้นส่วน Critical ชิ้นส่วน Potential Critical ชิ้นส่วน Economic และชิ้นส่วน Run To Failure ทั้ง 4 ประเภทชิ้นส่วนนั้นได้มีการแบ่งประเภทโดยการวิเคราะห์จากแผนภูมิการวิเคราะห์ผลกระทบจากการขัดข้องเพื่อค้นหาชิ้นส่วนด้วยวิธีการ COFA ตามระดับความรุนแรงและการเกิดขึ้นของการขัดข้องซึ่งจะมีผลกระทบกับตารางการผลิต จากการศึกษาและวิเคราะห์วิธีการของ COFA ที่ได้มีการแบ่งประเภทชิ้นส่วนออกเป็น 4 ประเภทนั้นทำให้ทราบว่าในแต่ละประเภทของชิ้นส่วนนั้นถูกแบ่งตามความรุนแรงของการขัดข้องของเครื่องจักร อย่างไรก็ตามในบางชิ้นส่วนของเครื่องจักรนั้นย่อมมีการตรวจสอบอย่างเป็นประจำซึ่งก็สามารถที่จะรับรู้ถึงแนวโน้มการขัดข้องของชิ้นส่วนนั้นๆ ได้ในบางลักษณะของความรุนแรงสูงนั้นอาจมีโอกาสดำเนินการตรวจสอบเป็นประจำก่อนที่จะมีการขัดข้อง ดังนั้นการแบ่งประเภทเพียง 4 ประเภทจึงไม่เหมาะสมเพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือและความเหมาะสมของโปรแกรมการบำรุงรักษาจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาเพิ่มเติมเกณฑ์การประเมินประเภทของชิ้นส่วนเครื่องจักร

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อพัฒนาหลักการของ COFA ในการแบ่งประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนเครื่องจักร
- 1.2.2 เพื่อกำหนดประเภทการบำรุงรักษาในแต่ละประเภทของชิ้นส่วนให้เหมาะสม

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาและพัฒนาจากหลักการของ COFA โดยศึกษาข้อมูลจากเครื่องจักรในกระบวนการพ่นสีรถยนต์โดยมีดัชนีชี้วัดดังนี้

- เวลาการขัดข้องของเครื่องจักร
- จำนวนครั้งของการขัดข้องของเครื่องจักร
- เวลาเฉลี่ยระหว่างการขัดข้อง

โดยทำการศึกษาจากเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการพ่นสีรถยนต์ คือ เครื่องขนย้ายแบบลิฟท์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยได้ดำเนินเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1.4.1 ศึกษาทฤษฎี RCM และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องการวิเคราะห์ผลกระทบจากความขัดข้องจากหนังสือ วิทยานิพนธ์ และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1.4.3 วิเคราะห์ความขัดข้องของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ส่งผลกระทบ เพื่อค้นหาสาเหตุ
 ทางการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

1.4.5 วิเคราะห์และพัฒนาประเภทและจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนของเครื่องจักร

1.4.6 ปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาที่เหมาะสมสำหรับเครื่องขนย้ายแบบลิฟท์

1.4.7 วัดและประเมินผลการดำเนินงาน วิเคราะห์ พิจารณา

1.4.8 สรุปผลงานวิจัย และข้อเสนอแนะและแนวทางปฏิบัติ

1.5.1 เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงแผนและวิธีการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอื่นๆ โดยเฉพาะเครื่องจักรใหม่

1.5.2 เพื่อเป็นแนวทางบริหารจัดการวางแผนงานซ่อมบำรุงให้แก่ผู้บริหารในโรงงาน
อุตสาหกรรมรถยนต์

1.5.3 เพื่อให้พนักงานมีความรู้ ความเข้าใจส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักรตลอดจนวิธีการบำรุงรักษาและการวางแผนตามหลักการ RCM

การวางแผนการดำเนินงานวิจัยได้มีการวางแผนงานตามลำดับดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1.1 แผนงานและระยะเวลาดำเนินงาน

[illegible]

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การบำรุงรักษานบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ (Reliability Centered Maintenance : RCM)

RCM เป็นแนวทางการจัดการงานบำรุงรักษาแบบหนึ่ง ที่จะนำไปสู่ความมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งได้มีการนำไปใช้กันอย่างแพร่หลาย และได้รับผลสำเร็จเป็นอย่างมากในประเทศอุตสาหกรรม ดังนั้นผู้บริหารโรงงานที่ยังคงประสบกับปัญหาของการจัดการงานบำรุงรักษาและกำลังหาทางแก้ไขจึงควรที่จะศึกษาและทำความเข้าใจกับการจัดการงานการบำรุงรักษานบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ เพื่อให้ได้มุมมองในด้านการจัดการงานบำรุงรักษาใหม่อีกมุมมองหนึ่งสำหรับเครื่องจักรที่มีระบบ และองค์ประกอบของเทคโนโลยีซับซ้อนโดยเฉพาะระบบที่มุ่งเน้นความน่าเชื่อถือการใช้งานและมีความปลอดภัยสูงสุดจึงได้มีการพัฒนาหลักการบำรุงรักษานบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ (Reliability Centered Maintenance : RCM) ขึ้นในช่วงทศวรรษ 1960 ซึ่งจัดเป็นแนวทางอย่างเป็นระบบ เพื่อศึกษาและเข้าใจถึงรูปแบบการขัดข้องของเครื่องจักรรวมทั้งการระบุกิจกรรมงานบำรุงรักษาที่สามารถลดการขัดข้องของเครื่องจักรให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด และการระบุงานบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิภาพในอุปกรณ์หลัก โดยมุ่งเน้นระดับความปลอดภัยของระบบและมีค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาที่เหมาะสม [1]

ดังนั้น RCM จึงเป็นแนวทางสำหรับการประเมินเพื่อกำหนดกลยุทธ์สำหรับการจัดการเครื่องจักรอย่างเหมาะสม ด้วยการระบุหน้าที่การทำงานและรูปแบบและสาเหตุการขัดข้องโดย RCM สามารถนิยามในรูปแบบของโครงสร้าง และกระบวนการทางตรรกะ (Logical Process) โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงระดับความน่าเชื่อถือและระดับความปลอดภัย นอกจากนี้ RCM ยังมุ่งการจัดการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เกินความจำเป็น ด้วยการระบุกำหนดการกิจกรรมบำรุงรักษาประจำวันและการซ่อมใหญ่ (Overhaul) การบำรุงรักษานบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ เป็นกรรมวิธีที่ใช้กำหนดความต้องการ หรือแผนการบำรุงรักษาของเครื่องจักรและส่วนประกอบโดยคำนึงถึงความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรและส่วนประกอบด้วยค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม

ความน่าเชื่อถือ (Reliability) นิยามด้วยความน่าจะเป็นของเครื่องจักรหรือกระบวนการ ที่สามารถทำงานได้โดยไม่เกิดปัญหาความขัดข้องเมื่อใช้งานอย่างถูกต้องในช่วงอายุการใช้งาน โดยทั่วไปที่งานวิศวกรจะใช้หลักการวิศวกรรมความน่าเชื่อถือเพื่อกำหนดแนวทางการออกแบบระบบอย่างเหมาะสม รวมทั้งการกำจัดจุดอ่อนของระบบ โดยเฉพาะระบบที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย นอกจากนี้ยังได้ถูกประยุกต์ใช้กับงานบำรุงรักษาสำหรับความน่าเชื่อถือ ในมุมมองทางธุรกิจจะมุ่งพิจารณาประเด็นทางการเงินสำหรับการควบคุมต้นทุนความสูญเสียจากความน่าเชื่อถือ โดยมี

การตรวจสอบประเมินความเสี่ยงและผลกระทบที่แสดงด้วยมูลค่าทางการเงิน ดังนั้นหากโรงงานประกอบด้วยระบบหรือเครื่องจักรที่มีความน่าเชื่อถือสูงก็จะส่งผลให้โรงงานมีผลกำไรที่สูงขึ้นเนื่องจากต้นทุนความสูญเสียจากความชำรุดขัดข้องลดลง ดังนั้นจึงเป็นแรงจูงใจที่สำคัญสำหรับผู้บริหารที่ต้องให้คำมั่นทางธุรกิจสำหรับการปรับปรุงความน่าเชื่อถือโดยรวมของโรงงาน [2]

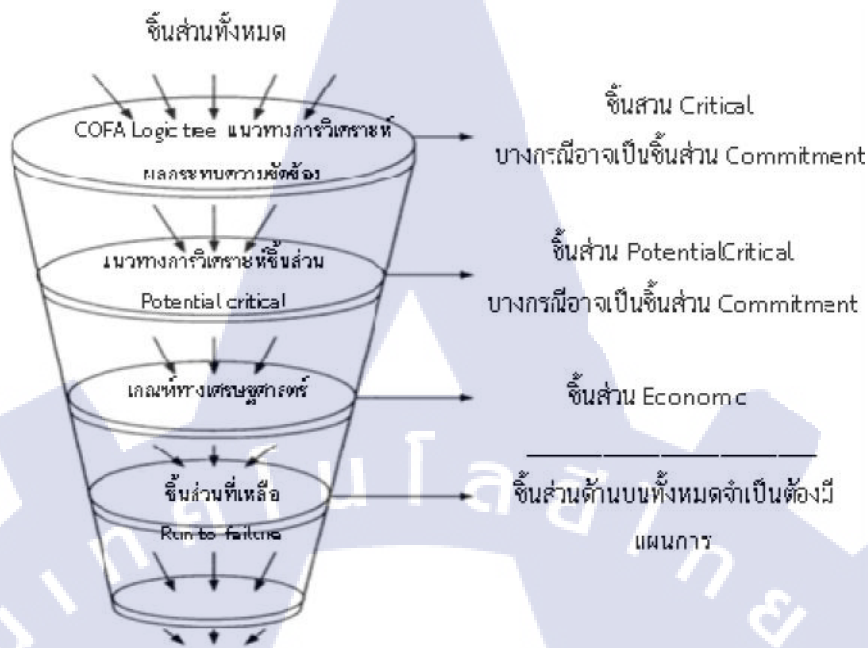
ซึ่ง RCM จะมีองค์ประกอบและแนวทาง ดังนี้ [3]

1. ทำการเลือกเครื่องจักรที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่เกิดขึ้น
2. จำแนกส่วนประกอบของเครื่องจักรออกเป็นระบบย่อย และระบุหน้าที่การใช้งาน
3. ระบุความความขัดข้องในแต่ละระบบย่อยและจัดลำดับ ความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์
4. วิเคราะห์คุณลักษณะของความขัดข้องและสาเหตุ
5. วิเคราะห์ผลกระทบของความขัดข้องที่เกิดขึ้น
6. เลือกเทคนิคการบำรุงรักษาโดยใช้ RCM Logic Tree
7. สร้างแผนบำรุงรักษาปรับปรุงให้เหมาะสมและนำไปใช้กับเครื่องจักร

2.2 การวิเคราะห์ผลกระทบจากความขัดข้อง (Consequence of Failure Analysis : COFA)

COFA เป็นการวิเคราะห์จากสาเหตุไปหาผลลัพธ์ซึ่งต่างจาก FMEA ที่เริ่มจากผลลัพธ์มาหาสาเหตุ [4] แนวคิดของ Bloom, Neil ได้ให้แนวทางการจำแนกชิ้นส่วนหลังจากการวิเคราะห์ผลกระทบจากความขัดข้องด้วยกระบวนการ COFA โดยวิธีการใช้ COFA Logic Tree [5] ซึ่งจะดูเหมือนการกรองแต่ละขั้นตอนดังรูปที่ 2.1

TNI



รูปที่ 2.1 การคัดกรองชั้นส่วนด้วยกระบวนการ COFA [5]

ชั้นส่วนที่ถูกวิเคราะห์ด้วยกระบวนการ COFA Logic Tree สามารถจำแนกได้ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. ชั้นส่วน Critical ที่ส่งผลกระทบโดยตรงกับบริษัท การผลิต หรือความปลอดภัยทันทีที่เกิดความขัดข้องต่อชั้นส่วนนั้นและรวมถึงชั้นส่วน Commitment
2. ชั้นส่วน Potential Critical หรือ Hidden Critical เมื่อเกิดความขัดข้อง ต่อชั้นส่วน และจะส่งผลต่อเครื่องจักร การผลิตหรือความปลอดภัยแต่ไม่มีการเตือนเมื่อเกิดความขัดข้องนั้นๆ เกิดขึ้นและรวมถึงชั้นส่วน Commitment
3. ชั้นส่วน Economic เมื่อเกิดความขัดข้องขึ้นค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาจะสูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้
4. ชั้นส่วน Run to Failure (RTF) เมื่อเกิดความขัดข้องจะไม่ส่งผลกระทบใดๆ ต่อเครื่องจักรและสายการผลิต หรือความปลอดภัย

สำหรับชั้นส่วน Commitment ผู้วิจัยได้กำหนดให้อยู่ในส่วนของ Critical และ Potential Critical ซึ่งชั้น Commitment นั้นหมายถึงชั้นส่วนที่มีข้อตกลงในด้านต่างๆ เช่น กฎหมาย สิ่งแวดล้อม ชุมชน พันธสัญญาต่างๆ

จากทั้ง 4 ประเภทของ COFA นั้นการจำแนกประเภทได้แบ่งประเภทของชิ้นส่วนผ่านกระบวนการ COFA Logic Tree โดยเริ่มจากคำถามแรกว่ามีการแจ้งเตือนการขัดข้องของเครื่องจักรหรือชิ้นส่วนต่างๆหรือไม่ ถ้าไม่มีจะกำหนดให้เป็น Potential Critical ถ้ามีการแจ้งเตือนจะเข้าสู่คำถามที่ 2 ว่าการขัดข้องนั้นส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมหรือไม่ ถ้าใช่คือชิ้นส่วนประเภท Critical Safety ถ้าไม่ใช่ จะเข้าสู่คำถามที่ 3 ว่าการขัดข้องนั้นส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของกระบวนการผลิตหรือไม่ ถ้าใช่ก็คือชิ้นส่วน Critical Operation ถ้าไม่ใช่ จะเข้าสู่คำถามที่ 4 ว่ามีค่าใช้จ่ายด้านการกู้ระบบหรือการแก้ไขที่สูงกว่าปกติหรือไม่ มีการสั่งอะไหล่ล่าช้าหรือไม่ เครื่องจักรหยุดหรือไม่ ถ้าใช่จะเป็นชิ้นส่วนประเภท Economic ถ้าไม่ใช่ จะเป็นชิ้นส่วน Run to Failure ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังแผนภูมิ RCM COFA Logic Tree รูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 RCM COFA Logic Tree [5]

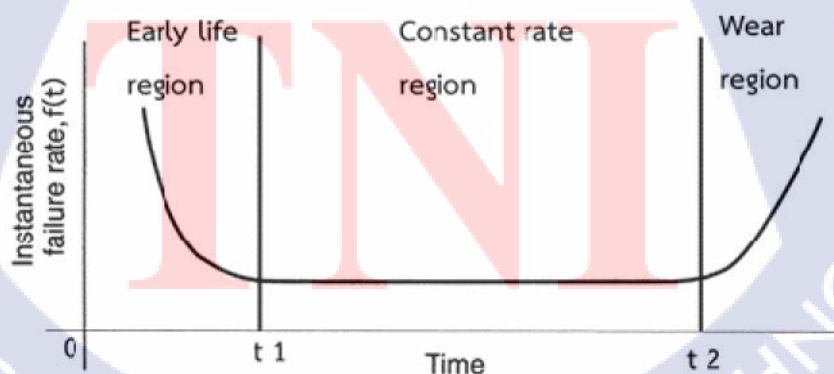
จากหลักการ RCM และ COFA Logic Tree จิโน ดินี (Gino Dini) ได้สรุปเป็นตาราง COFA Work Sheet 8 ช่องเพื่ออำนวยความสะดวกวิเคราะห์ตามหลักการ RCM COFA Logic Tree [6]

ตารางที่ 2.1 COFA Work Sheet [6]

Column A	Column B	Column C	Column D	Column E	Column F	Column G	Column H
Component I.D. and Description	Describe all the Component Functions	Describe all the Component Functional Failures	Describe the Dominant Component Failure Mode For each Functional Failure	Occurrence Evident?	Describe the System Effect for Each Failure Mode	Describe the Consequence of Failure Based on the Asset Reliability Criteria	Define the Component Classification

2.3 ความน่าเชื่อถือ (Reliability) และอัตราการขัดข้อง (Failure Rate)

ความน่าเชื่อถือ คือความน่าจะเป็นที่ชิ้นส่วนระบบหรือเครื่องจักรจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่เกิดความขัดข้องหรือชำรุด ภายในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ (Specified Time) และภายใต้ข้อกำหนดการทำงาน (Operating Conditions) โดยที่ความน่าเชื่อถือจะมีค่าแปรผกผันกับอัตราการขัดข้องมีความสำคัญมากสำหรับการออกแบบชิ้นส่วน เครื่องจักรกลรวมทั้งการบำรุงรักษาเนื่องจากค่าอัตราการขัดข้องจะนำไปใช้ในการประมาณค่าช่วงเวลาการใช้งานก่อนที่ชิ้นส่วนหรือเครื่องจักรจะขัดข้อง (Time To Failure : TTF) หรือค่าความพร้อมของระบบ (Availability) เป็นต้น รูปที่ 2.3 แสดงถึงค่าอัตราความขัดข้องที่เกิดขึ้น ตลอดอายุการใช้งานของเครื่องจักรหรือชิ้นส่วน ซึ่งเส้นโค้งดังกล่าวนี้มีรูปร่างคล้ายอ่างน้ำ (Bath-Tub Curve) สามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 2.3 Bathtub Curve [7]

ช่วงที่ 1 : ช่วงเวลา $T = 0$ ถึง $T = t_1$ ในช่วงเวลาเริ่มแรก ($T = 0$) แม้ว่าจะเป็นช่วงเริ่มแรกแต่ชิ้นงานเหล่านี้อาจจะมีค่าความเสี่ยงสูงที่จะขัดข้องค่าอัตราการขัดข้องในช่วงเริ่มแรกนี้จะมีค่ามากแล้วค่อยๆ ลดลง (Linearly Decreasing Failure Rate) เรียกช่วงนี้ว่าการเกิดการขัดข้องในช่วงแรก (Early Failure Region หรือ Burn-in Period) ซึ่งการขัดข้องในช่วงนี้จะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่ไม่จำเป็นต่อการซ่อมแซม หรือสร้างความไม่พอใจของลูกค้าที่มีต่อตัวสินค้า ซึ่งเป็นที่น่าสงสัยว่าชิ้นงานเพิ่งจะผลิตและยังไม่ได้ผ่านการใช้งานเลยทำไม จึงมีอัตราการขัดข้อง สาเหตุที่เป็นไปได้ก็อาจจะมาจาก

1. ความผิดพลาดจากการออกแบบ
2. ความผิดพลาดจากการติดตั้ง สาเหตุนี้ค่อนข้างสำคัญเพราะว่าผู้ใช้งานอาจจะยังไม่มีความรู้ความเข้าใจอย่างเต็มที่ในการใช้อุปกรณ์นั้นๆ
3. ความผิดพลาดของการประกอบ
4. ความผิดพลาดด้านคุณภาพของวัสดุ

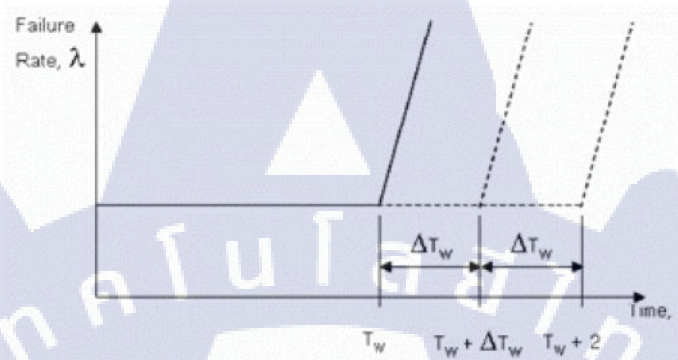
ช่วงที่ 2 : ช่วงเวลา $T = t_1$ ถึง $T = t_2$ ช่วงเวลานี้เรียกว่าช่วงที่เกิดการขัดข้องแบบคงที่ (Constant Failure Rate Region) เพราะว่าการขัดข้องในช่วงนี้จะไม่ขึ้นอยู่กับเวลาการใช้งาน แต่จะขึ้นอยู่กับภาระงาน (Load) ที่มากระทำต่อชิ้นงาน เช่นถ้าภาระงานมีค่ามาก อาจจะก่อให้เกิดความเค้นที่มากเกินไป สะสมอยู่ในชิ้นส่วน ขณะเดียวกันถ้ามีค่าภาระงานต่ำ ก็อาจจะทำให้เกิดการเสื่อมสภาพภายในเนื้อวัสดุของชิ้นส่วน เช่น รถยนต์ที่ขาดการใช้งานก็อาจจะทำให้ เครื่องยนต์ทำงานได้ไม่เต็มสมรรถนะของเครื่องยนต์ชิ้นส่วนกลไกต่างๆ อาจจะเสื่อมได้ และรวมทั้งข้อบกพร่องทางคุณสมบัติทางกลหรือทางไฟฟ้าของเนื้อวัสดุ ก็อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งของอัตราการขัดข้องในช่วงนี้ได้เช่นกัน

ช่วงที่ 3 : ช่วงเวลา $T = t_2$ ถึง $T = \infty$ ช่วงเวลานี้เรียกว่าช่วงการสึกหรอ (Wear-Out Region) ในช่วงเวลานี้ค่าอัตราการขัดข้องจะไม่ได้เกิดขึ้นแบบสุ่ม (Random) แต่จะมีสาเหตุหลักๆ มาจาก

1. อายุการใช้งาน
2. การสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ

ค่าอัตราการขัดข้องจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก (Linearly Increasing Failure Rate) ในช่วงปลายอายุการใช้งาน หากต้องการที่จะลดผลกระทบของการขัดข้องที่เกิดขึ้นในช่วงนี้ อาจจะได้โดยการวางแผนระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) หรือการเปลี่ยน และทดแทนชิ้นส่วน (Replacement) จากรูปที่ 2.4 ถ้าหากเครื่องจักรถูกใช้งานเกินเวลา TW จะส่งผลให้เครื่องจักร ได้รับการขัดข้องเนื่องจากการเสื่อมสภาพ (กราฟเส้นทึบ ที่เพิ่มขึ้น) แต่ถ้าหากมีการ

บำรุงรักษาหรือการเปลี่ยนชิ้นส่วนก่อนที่เครื่องจักรจะเสื่อมสภาพ อายุการใช้งาน ก็จะเพิ่มขึ้นเป็น $TW + \Delta W$ (เส้นประ) และเมื่อทำเช่นนี้อยู่สม่ำเสมอค่าของ ΔW ก็จะกลายมาเป็นคาบเวลา เพื่อการวางแผนการบำรุงรักษา [7]



รูปที่ 2.4 ช่วงเวลาของการบำรุงรักษา (ΔTW) [7]

2.4 การวิเคราะห์วิธีการตรวจจับ (Detection Methodology Analysis)

นาซา (NASA) ได้อธิบายการประเมินสภาพของอุปกรณ์และระบบรวมถึงการค้นหาระยะเวลาที่มีประสิทธิภาพสูงสุดของชิ้นส่วนต่างๆ และการดำเนินการบำรุงรักษา ซึ่งข้อมูลที่จะกล่าวคือการนำวิธีการด้านเทคโนโลยีมาทำให้เกิดประโยชน์ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้รวมถึงวิธีการที่ล้ำสมัย ควรที่จะได้รับการออกแบบและนำไปประเมินตรวจสอบเครื่องจักรที่ติดตั้งใหม่ต่อไปนี้เพื่อให้ครอบคลุมอุปกรณ์และการทำงานทุกชิ้นส่วนซึ่งจะมีวิธีการดังต่อไปนี้

2.4.1 การแจ้งและเตือน

การตั้งค่าสำหรับการแจ้งเตือนนั้นเพื่อตอบสนองต่อผู้ใช้งานในการแจ้งเตือนซึ่งหลักการทั่วไปของการตั้งค่าการแจ้งเตือนคือ

2.4.1.1 การตั้งค่าแบบสุ่ม

เป็นการตั้งค่าสำหรับการตั้งค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงจากค่าพื้นฐานเริ่มต้นวิธีนี้จะมีการใช้อย่างแพร่หลายโดยกองทัพเรือดำน้ำของกองทัพเรือ สหรัฐอเมริกาจนกระทั่งกลางปี 1980

2.4.1.2 ค่าการแจ้งเตือน

การตั้งค่าการแจ้งเตือนเพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึงความเบี่ยงเบนแบบมีนัยสำคัญทางสถิติจากค่ากลางของระดับการแจ้งเตือน

2.4.1.3 การวิเคราะห์การขัดข้อง

การตั้งค่าการแจ้งเตือนสามารถทำได้โดยการวิเคราะห์ชิ้นส่วนที่ขัดข้อง และทำการเปรียบเทียบกับสภาพที่มีการคาดการณ์และตรวจสอบไว้ล่วงหน้าแล้วซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้เป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้แสดงถึงแนวโน้มการขัดข้องที่จะเกิดขึ้นตามสภาพแวดล้อมการใช้งานเพื่อใช้สำหรับอ้างอิงในอนาคตและจะใช้ค่าจากการตรวจสอบเหล่านี้เป็นตัวแจ้งเตือนถึงสภาพของเครื่องจักร ซึ่งจะเป็นพื้นฐานด้านข้อมูลได้ดีที่สุด

2.4.2 การวิเคราะห์และตรวจสอบจากการสั่นสะเทือน

การวิเคราะห์ระดับการสั่นสะเทือนของระบบ หรืออุปกรณ์เป็นหนึ่งในเทคนิคทั่วไปของการทดสอบเชิงพยากรณ์และการตรวจสอบ (Predictive Testing & Inspection : PT & I) ซึ่งการตรวจสอบการสั่นสะเทือนจะช่วยให้เราค้นหาสภาพการหมุนของอุปกรณ์และความเป็นเสถียรภาพของระบบซึ่งการเพิ่มการตรวจสอบการสั่นสะเทือนจะเป็นตัวช่วยระบุและเป็นการจำกัดวงแคบของสิ่งที่ทำให้เกิดเสียงรบกวน

2.4.3 Infrared Thermography : IRT

เป็นการประยุกต์ใช้เครื่องมือตรวจจับแบบ Infrared จากการถ่ายภาพด้วยความแตกต่างของอุณหภูมิเนื่องจาก IRT เป็นเทคนิคชนิดที่ไม่สัมผัสเครื่องจักรซึ่งจุดสำคัญอยู่ที่การระบุจุดที่เป็นอุณหภูมิสูงและต่ำของอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า พื้นผิวขนาดใหญ่เช่นหม้อต้มน้ำ ผนังอาคาร และอื่นๆ ที่ต้องการวัดอุณหภูมิ

2.4.4 Ultrasonic Noise Detector

Ultrasonic Noise เป็นเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานในย่านความถี่ 20 kHz-100 kHz และ Heterodyne ความถี่สูงซึ่งจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถได้ยินความเปลี่ยนแปลงของสัญญาณรบกวนโดยการแทรกออกมาของเสียง ปรากฏการ Colona Discharge และการเกิดความถี่สูงอื่นๆ เช่น ความถี่รีโซแนนของเสื้อและวงแหวนลูกปืนจากการขาดการหล่อลื่น

2.4.5 การหล่อลื่นและการวิเคราะห์การสึกหรอของชิ้นส่วน การวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นมีความจำเป็น 3 ข้อ ดังต่อไปนี้

2.4.5.1 เพื่อตรวจสอบการสึกหรอของเครื่องจักร

2.4.5.2 เพื่อตรวจสอบสภาพของสารหล่อลื่น

2.4.5.3 เพื่อตรวจสอบการกลายสภาพของสารหล่อลื่นเป็นสารปนเปื้อน

2.4.6 การตรวจสอบสภาพทางไฟฟ้าอุปกรณ์หลักของระบบส่งจ่ายความเสถียร

คืออุปกรณ์ไฟฟ้าจากระบบส่งจ่ายไปยังมอเตอร์ไฟฟ้าและประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้ามาจากการบำรุงรักษา การตรวจสอบสภาพทางไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยเทคนิคต่างๆ ดังนี้

- 2.4.6.1 I.R. Thermography
- 2.4.6.2 Insulation Power Factor Testing
- 2.4.6.3 Insulation Oil Analysis
- 2.4.6.4 Gas in Oil Analysis
- 2.4.6.5 Mega Ohm Meter
- 2.4.6.6 Hi-Potential Testing
- 2.4.6.7 Airborne Ultrasonic
- 2.4.6.8 Battery Impedance Test
- 2.4.6.9 Surge Test
- 2.4.6.10 Motor Current Signal
- 2.4.6.11 Very Low Frequency Testing
- 2.4.6.12 Circuit Breaker Timing Test
- 2.4.6.13 Circuit Breaker Contact Resistance

TNI

ตารางที่ 2.2 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการตรวจจับ [8]

Technology\Application	Pump	Electric Motors	Diesel Generators	Condensers	Heavy Equipment/Cranes	Circuit Breakers	Valves	Heat Exchangers	Electrical System	Transformers	Tanks, Piping
Vibration Monitoring/Analysis	•	•	•		•						
Lubrication, Fuel and Analysis	•	•	•		•					•	
Wear Particle Analysis	•	•	•		•						
Bearing Temperature/Analysis	•	•	•		•						
Performance Monitoring	•	•	•	•				•		•	
Ultrasonic Noise Detection	•	•	•	•			•	•	•	•	
Ultrasonic Flow	•			•			•	•			
Infrared Thermography	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Non-Destructive Testing (Thickness)				•				•			•
Visual Inspection	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Insulation Resistance		•	•			•			•	•	
Motor Current Signature Analysis		•									
Motor Circuit Analysis		•				•			•		
Polarization Index		•	•						•		
Electrical Monitoring									•	•	

การตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าเป็นสิ่งสำคัญในการเตรียมข้อมูลเพื่อการตรวจสอบและแก้ไขความขัดข้องทางไฟฟ้าเช่น การเชื่อมต่อที่มีความต้านทานสูง เฟสไม่สมดุล การเสื่อมสภาพของฉนวน ดังตารางที่ 2.2 เนื่องจากความขัดข้องทางไฟฟ้าเป็นสิ่งที่พบเห็นได้ไม่บ่อยนักการขัดข้องเหล่านี้มีค่าใช้จ่ายสูง เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยและวัฏจักรด้านต้นทุน [8]

2.5 การคัดเลือกประเภทการบำรุงรักษา

Gang Niu; Bo-Suk Yang; and Michael Pecht [9] กล่าวว่า การซ่อมบำรุงสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทหลัก ดังรูปที่ 2.5 ได้แก่

1. การซ่อมบำรุงเชิงแก้ไข (Corrective Maintenance)
2. การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance)

2.5.1 การซ่อมบำรุงเชิงแก้ไข

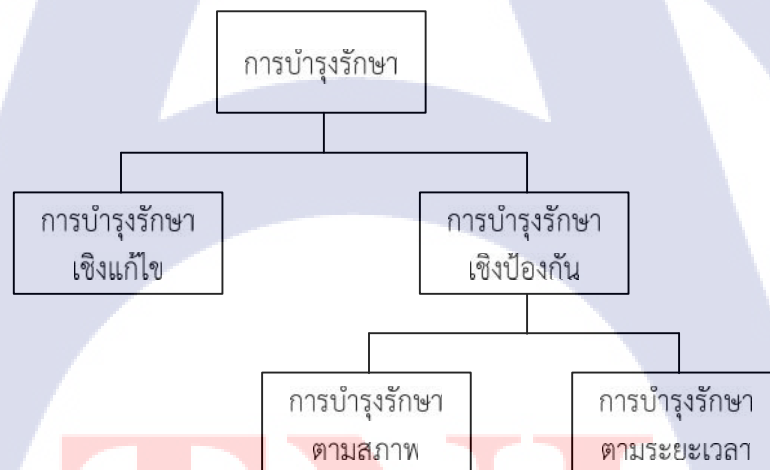
คือ งานซ่อมบำรุงซึ่งจะทำเมื่อมีการขัดข้องของเครื่องจักร อย่างไรก็ตาม การซ่อมบำรุงเชิงแก้ไขจะเป็นสิ่งที่แย่ที่สุด ควรจะเลือกการซ่อมบำรุงประเภทนี้กับเครื่องจักรที่ไม่อยู่ในกลุ่มเครื่องจักรวิกฤติ ไม่มีความเสี่ยงด้านความปลอดภัย สามารถระบุงการขัดข้องได้รวดเร็ว และสามารถซ่อมได้อย่างรวดเร็ว

2.5.2 การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน

คือ การบำรุงรักษาที่มีการกำหนดไว้ล่วงหน้าหรือตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เพื่อลดความน่าจะเป็นของการเกิดการขัดข้อง หรือการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร การซ่อมบำรุงรักษาถูกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.5.2.1 การบำรุงรักษาตามระยะเวลา (Time Based Maintenance : TBM)

2.5.2.2 การบำรุงรักษาตามสภาพ (Condition Based Maintenance : CBM)



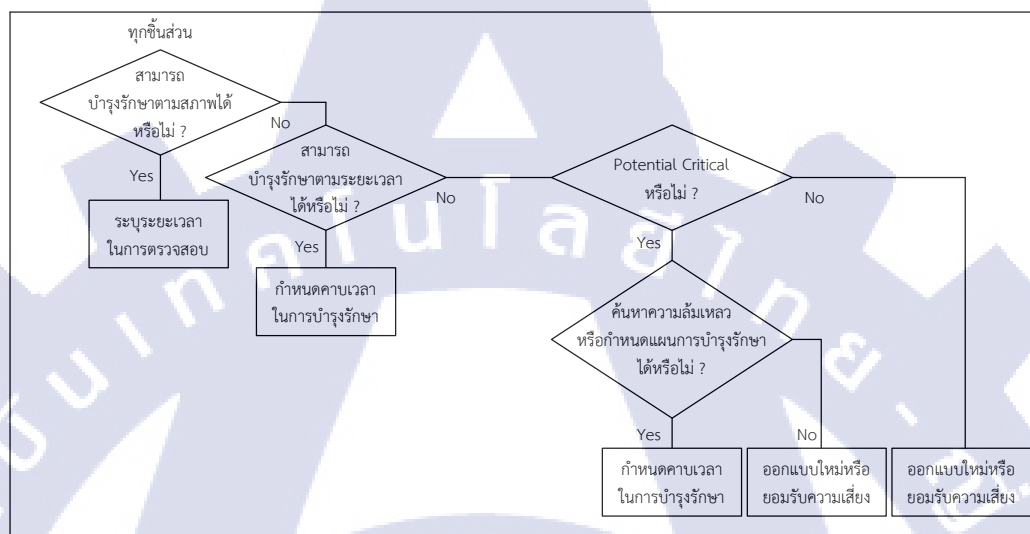
รูปที่ 2.5 ประเภทการบำรุงรักษา [9]

2.5.2.1 การซ่อมบำรุงตามระยะเวลา

เป็นการกำหนดการซ่อมบำรุงโดยไม่มีการวัด หรือตรวจจับใดๆที่บ่งบอกเชิงตัวเลข การจัดตารางการซ่อมบำรุงสามารถอ้างอิงได้จากชั่วโมงการทำงาน จำนวนครั้ง จำนวนระยะทาง (กิโลเมตร)

2.5.2.2 การซ่อมบำรุงตามสภาพ

เป็นการซ่อมบำรุงตามสภาพของเครื่องจักรที่ได้จากการตรวจสอบสภาพของชิ้นส่วน เพื่อวิเคราะห์ และคาดการณ์ การเสื่อมสภาพของเครื่องจักรเพื่อให้การวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นไปอย่างถูกต้อง [9]



รูปที่ 2.6 การเลือกโปรแกรมการบำรุงรักษา [6]

ก่อนที่จะเข้าสู่การประยุกต์หรือเลือกประเภทการบำรุงรักษานั้น จำเป็นที่จะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการเลือกประเภทการบำรุงรักษา ซึ่งจะสามารถอธิบายได้จากรายละเอียดกระบวนการวิเคราะห์การบำรุงรักษา ดังรูป 2.6 แผนภูมิการเลือกโปรแกรมการบำรุงรักษา โดยการนำทุกชิ้นส่วนมาวิเคราะห์ว่าสามารถบำรุงรักษาตามสภาพได้หรือไม่ ถ้าได้ จะทำการกำหนดระยะเวลาหรือแผนงานการตรวจสอบสภาพ ถ้าตอบว่า ไม่จะเข้าสู่คำถามแรกคือ สามารถบำรุงรักษาตามระยะเวลาได้หรือไม่ ถ้าตอบว่าได้ ให้ทำการกำหนดระยะเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสม ถ้าตอบว่า ไม่ จะเข้าสู่คำถามที่ 2 คือเป็นชิ้นส่วน Potential Critical หรือไม่ ถ้าตอบว่าใช่ให้พิจารณาว่าสามารถค้นหาความขัดข้องได้หรือไม่ ถ้าได้ให้ทำการกำหนดระยะเวลาการบำรุงรักษา ถ้าตอบว่าไม่ให้ทำการออกแบบใหม่หรือยอมรับความเสี่ยง คำถามที่ 3 ถ้าหากไม่ใช่ชิ้นส่วน Potential Critical คือเป็นชิ้นส่วน Critical ใช่หรือไม่ ถ้าใช่ให้ประเมินอายุการใช้งานของชิ้นส่วนนั้นๆ เพื่อกำหนดแผนการบำรุงรักษาการเปลี่ยนชิ้นส่วน ถ้าตอบว่า ไม่ใช่ให้ทำการออกแบบใหม่หรือยอมรับความเสี่ยง ซึ่งเมื่อถึงคำถามนี้ชิ้นส่วนที่เหลือนั้นจะเป็นชิ้นส่วนที่ Economic และชิ้นส่วนประเภท Run to Failure ซึ่งเมื่อเกิดการขัดข้องจะไม่ส่งผลกระทบต่อความขัดข้อง [6]

2.6 ดัชนีเครื่องจักร

เป็นดัชนีที่ส่งผลต่อดัชนีหลัก คือ เรื่องประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรขณะเดียวกันในรายละเอียดยังมีดัชนีย่อยที่เป็นองค์ประกอบของดัชนีเหล่านั้น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นดัชนีที่แสดงความพร้อมและความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรนั้น

2.6.1 เวลาเฉลี่ยระหว่างการขัดข้อง (Mean Time Between Failure : MTBF)

MTBF เป็นดัชนีที่แสดงถึงความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร หมายถึงค่าเฉลี่ยการเดินเครื่องจักรได้นานเท่าไรโดยไม่มีการหยุดซ่อมจะเป็นการคำนวณจากข้อมูลที่ถูกต้องจากประวัติข้อมูลของเครื่องจักร ด้วยการบันทึกประจำวัน โดยแหล่งข้อมูลต่างๆ ของ MTBF ได้มาจากการวัดการเดินเครื่อง การขัดข้อง การเปลี่ยนอะไหล่ [10]

$$MTBF = \frac{\text{เวลาเดินเครื่องจักร}}{\text{จำนวนครั้งที่เครื่องจักรขัดข้อง}} \quad (2.1)$$

2.6.2 อัตราการขัดข้อง (Failure Rate : FR (%))

โดยทั่วไปการวัดความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรจะใช้ตัวชี้วัดที่เรียกว่า อัตราการขัดข้องของชิ้นส่วนในบริษัทที่มีการใช้เครื่องจักรเทคโนโลยีสูงนั้นจะจัดการข้อมูลของอัตราการเสียหายในชิ้นส่วนตามสมการที่ 2.2 และ 3.3 ที่แสดงการวัดอัตราการขัดข้องในรูปเปอร์เซ็นต์การขัดข้องจากจำนวนที่นำมาทดสอบ FR (%) หรือจำนวนการขัดข้องระหว่างช่วงเวลาทำงาน FR(N) [2]

$$FR(\%) = \frac{1}{MTBF} \times 100 \quad (2.2)$$

$$FR(N) = \frac{1}{MTBF} \quad (2.3)$$

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Gino Dini [6] ได้ทำการศึกษาถึงการวางแผนการซ่อมบำรุงระยะยาว สำหรับเครื่องประจุไฟฟ้าต้นแบบ ด้วยการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ เนื่องจากเครื่องประจุไฟฟ้าต้นแบบนั้นมีราคาสูงจึงต้องการให้เครื่องต้นแบบนี้มีความพร้อมด้านการใช้งานมากที่สุดเพื่อให้เกิดความมั่นใจสำหรับลูกค้า จึงต้องมีการวางแผนการบำรุงรักษาในระยะยาวบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือซึ่ง จิโน ดินี

ได้ใช้หลักการ RCM โดยใช้วิธีการ RCM COFA Logic Tree เป็นการคัดเลือกประเภทของเครื่องจักร โดยมีการแบ่งประเภทของชิ้นส่วนออกเป็น Critical, Potential Critical, Commitment, Economic และ RTF และวางแผนการบำรุงรักษาโดย Preventive Maintenance Selection Logic Tree โดยมีการแบ่งประเภทการบำรุงรักษาออกเป็น Condition Based Maintenance, Time Based Maintenance, Corrective Maintenance และผลจากการวิจัยพบว่า เครื่องประจุไฟฟ้าต้นแบบนั้นมีชิ้นส่วนที่เป็น Critical สูงสุดร้อยละ 64 ชิ้นส่วน RTF ร้อยละ 24 ชิ้นส่วน Safety Critical ร้อยละ 8 และชิ้นส่วน Potentially Critical ร้อยละ 4 สำหรับข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยคือการคัดเลือกโปรแกรมการบำรุงรักษาซึ่งไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงโปรแกรมการบำรุงรักษาสำหรับชิ้นส่วนประเภท Critical ได้ถึงโปรแกรมหรือ Activity ที่สำคัญ

อศิวเทวินทร์ สิทธิเหรียญชัย [4] ได้ทำการศึกษาเรื่องการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษาเครื่องล้างชิ้นส่วนอลูมิเนียมในอุตสาหกรรมระบบปรับอากาศรถยนต์ เพื่อประยุกต์ใช้ RCM กับเครื่องจักรที่เป็นกรณีศึกษาเพื่อลดค่าใช้จ่ายลง ร้อยละ 30 เนื่องจากเครื่องล้างชิ้นส่วนอลูมิเนียม ดังกล่าวนั้นมีอายุการใช้งานถึง 10 ปีและเป็นเครื่องจักรหลักเพียง 1 เครื่อง และต้องการความปลอดภัยค่อนข้างสูง การวิเคราะห์ชิ้นส่วนของเครื่องจักรใช้หลักการคัดกรองชิ้นส่วนด้วย RCM COFA Logic Tree เป็นการแบ่งประเภทของชิ้นส่วนตามความวิกฤติของชิ้นส่วน คือ Critical, Potential Critical, Commitment, Economic และ RTF ซึ่งมีลักษณะเดียวกันกับ จิโน่ ดินี่ และมีการคัดเลือกการบำรุงรักษาโดยวิธีการ Maintenance Task Selection Tree ก็เป็นแนวทางเดียวกับ จิโน่ ดินี่ แต่ผลลัพธ์ของ อศิวเทวินทร์ สิทธิเหรียญชัย นั้นได้มีการทำกรณีศึกษากับเครื่องล้างชิ้นส่วนอลูมิเนียมทำให้ได้ผลลัพธ์ด้าน MTBF เพิ่มขึ้น ร้อยละ 63 ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาต่อครั้งลดลงร้อยละ 63 ซึ่งข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยนี้คือ การวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องจะต้องใช้ผู้มีประสบการณ์ในเครื่องจักรดังกล่าวที่ค่อนข้างสูง การบำรุงรักษาจะต้องใช้การบำรุงรักษาแบบผสมผสาน ไม่สามารถการบำรุงรักษาแบบใดแบบหนึ่งได้

พิเชษฐ์ แก้วไทรท้วม; และประจวบ กล่อมจิต [11] ได้ทำการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาด้วยทฤษฎีความน่าเชื่อถือเพื่อลดเวลาสูญเสียการผลิตกรณีศึกษาโรงงานผลิตกระดาษ เนื่องจากการเก็บข้อมูลของโรงงานตัวอย่างแล้วพบว่าระบบการบำรุงรักษาที่กำลังดำเนินการอยู่นั้นยังมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร ยังไม่สามารถลดเวลาการขัดข้องของเครื่องจักรได้ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากเครื่องจักรมีอายุการใช้งานมาแล้วเป็นเวลานานอีกทั้งยังขาดการบำรุงรักษา ผู้ดูแลเครื่องจักรไม่มีความชำนาญ และขาดมาตรฐานการดูแลเครื่องจักรและการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ถูกวิธีจากคู่มือ เพื่อลดเวลาการขัดข้องที่เกิดขึ้นและเพื่อกำหนดวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้กับเครื่องจักรโดยใช้หลักการวิศวกรรมความน่าเชื่อถือในการวิเคราะห์แนวทางการดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องผลิตกระดาษและวิเคราะห์ระดับความเสี่ยง

ด้วยหลักการ FMEA จากนั้นจึงนำค่าตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญ (Risk Priority Number : RPN) มาเป็นตัวกำหนดวิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันซึ่งผลจากการวิจัยพบว่าอัตราการขัดข้องลดลงโดยเครื่อง MC1 ลดลงคิดเป็น ร้อยละ 5.68 เครื่อง MC2 ลดลงคิดเป็นร้อยละ 9.56 เครื่อง MC3 คิดเป็นร้อยละ 4.47 และอัตราความพร้อมการใช้งานของเครื่องจักร เครื่อง MC1 เพิ่มขึ้นร้อยละ 80.28 เครื่อง MC2 เพิ่มขึ้นร้อยละ 79.54 เครื่อง MC3 เพิ่มขึ้นร้อยละ 80.53 จากวิธีการคัดเลือกการบำรุงรักษาจะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างจาก จิโน ดินี และอัสวเทวินทร์ สิทธิเหรียญชัย ที่ใช้ PM Selection Tree โดยเป็นแผนภูมิการตัดสินใจ แต่พิเชษฐ์ แก้วไทรท้วม; และประจวบ กล่อมจิตร ใช้ข้อมูลทางสถิติเป็นเครื่องมือการเลือกวิธีการซ่อมบำรุงซึ่งอ้างอิงจาก Bathtub Curve ซึ่งทาง สมภพ ตลับแก้วได้กล่าวไว้ใน วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือปีที่ 20 ฉบับที่ 1 ม.ค.-เม.ย. 2553 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยคือการกำหนดการบำรุงรักษาจากตัวเลขทางสถิตินั้นอาจจะไม่สอดคล้องกับลักษณะของชิ้นส่วนในเครื่องจักรถึงวิธีการบำรุงรักษาตามคู่มือที่กำหนดไว้

เตชวิทย์ หิริสัจจะ; กิตติ โถทอง; และณัฐวัลย์ จันทราสา [12] ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการประเมินความสำคัญของอุปกรณ์เพื่อการซ่อมบำรุงในบริษัทคลังน้ำมัน ซึ่งพบปัญหาด้านความเที่ยงตรงของการประเมินความสำคัญของอุปกรณ์ชิ้นส่วน ส่งผลให้อุปกรณ์เกิดการชำรุดระหว่างการใช้งาน และมีการใช้ทรัพยากรการซ่อมบำรุงไม่เหมาะสมกับอุปกรณ์แต่ละชนิด ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการแก้ปัญหาโดยการนำเสนอระบบการประเมินแบบใหม่โดยการปรับปรุงจากระบบเดิมและได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีกระบวนการลำดับเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process : AHP) เพื่อสร้างโครงสร้างลำดับชั้นของปัจจัยและกำหนดค่าความสำคัญของปัจจัยต่างๆ พร้อมด้วยโปรแกรมไมโครซอฟเอ็กเซล (Microsoft Excel) เพื่อช่วยคำนวณค่าความสำคัญการดำเนินงานวิจัยนั้นได้ถูกแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดปัจจัยการประเมินเครื่องจักร อุปกรณ์วิกฤต
2. กำหนดค่าน้ำหนักของปัจจัย
3. กำหนดคะแนนของปัจจัย
4. ประเมินความสำคัญของเครื่องจักรอุปกรณ์
5. คำนวณค่าดัชนีวิกฤต
6. กำหนดเกณฑ์การแบ่งลำดับชั้นของเครื่องจักร
7. จัดแบ่งลำดับชั้นของเครื่องจักร

และสุดท้ายจะนำเอาค่าดัชนีวิกฤตมาเป็นตัวกำหนดแผนการซ่อมบำรุงโดยแบ่งออกเป็น 5 วิธี คือ การซ่อมบำรุงเชิงคาดการณ์ จะมีช่วงดัชนีวิกฤต มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 การซ่อมบำรุงฟื้นฟูสภาพและถอดเปลี่ยนตามกำหนดการ จะมีช่วงดัชนีวิกฤตอยู่ระหว่างร้อยละ 60 ถึงร้อยละ 79 การซ่อมบำรุงเชิงป้องกันขั้นพื้นฐาน มีค่าดัชนีวิกฤตอยู่ที่ 40 ถึง 59 การซ่อมบำรุงเมื่อเกิดการขัดข้อง

จะมีค่าดัชนีวิกฤตอยู่ระหว่างร้อยละ 20 ถึงร้อยละ 39 และสุดท้าย การออกแบบระบบใหม่ จะมีค่าดัชนีวิกฤตน้อยกว่าร้อยละ 20

จะเห็นได้ว่างานวิจัยนี้มีความแตกต่างออกไปเนื่องจากการประยุกต์ใช้วิธีการของทางบริษัทเดิมอยู่ด้วยโดยอ้างอิงจากการบำรุงรักษาที่ถูกพัฒนามาจากประสบการณ์ซึ่งงานวิจัยของพิเชษฐ์ แก้วไทรท้วม และคณะ งานวิจัยของ เตชวิทย์ หิริสัจจะ และคณะ ทั้งสองงานวิจัยต่างก็พยายามที่จะหาข้อมูลที่เป็นตัวเลขเพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือทางสถิติเพื่อกำหนดแนวทางการซ่อมบำรุงอย่างไรก็ตามนอกเหนือจากตัวเลขที่ใช้ประเมินวิธีการบำรุงรักษาแล้ว ลักษณะทางกายภาพก็มีส่วนสำคัญเพื่อการพิจารณาวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมกับอุปกรณ์นั้นๆ

สมศักดิ์ สัมฤทธิ์, อรรถกร เก่งพล; และสมภพ ตลับแก้ว [13] ได้ศึกษาการลดเวลาสูญเสียการผลิต โดยวิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานทฤษฎีความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษาอุตสาหกรรมคอนกรีต เนื่องจากพบปัญหาหลักสำหรับงานด้านการบำรุงรักษาคือไม่สามารถคาดการณ์ อายุงาน และการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรได้ถึงแม้ว่าในระยะแรกจะมีการบำรุงรักษาตามคู่มือแต่เมื่อเครื่องจักรได้มีการใช้งานมาเป็นเวลานาน ทำให้การบำรุงรักษาตามคู่มือที่กำหนดไม่สามารถทำให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพได้ดังเดิมซึ่งงานวิจัยดังกล่าวนี้ ใช้หลักการวิเคราะห์การขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) เป็นเครื่องมือจัดลำดับความสำคัญของเครื่องจักรแต่ละชิ้นส่วนโดยทำการคัดเลือกชิ้นส่วน 32 ชิ้นส่วนมาวิเคราะห์ด้วย FMEA โดยนำเอาวิธีการเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก จากปัจจัย 4 ด้านคือ ความมากน้อยการของใช้งาน ราคา ระยะเวลาการซ่อม/เปลี่ยนทดแทน และผลกระทบต่อชิ้นส่วนอุปกรณ์อื่น และสรุปชิ้นส่วนที่มีค่า RPN ที่เกินกว่า 100 คะแนน มาทำการประเมินรอบการเปลี่ยนทดแทนชิ้นส่วนอุปกรณ์ซึ่งมีทั้งหมด 8 ชิ้นส่วนมาทำการวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวข้อมูลรอบการขัดข้องของชิ้นส่วนอุปกรณ์ และทดสอบสารูปสนิทธิ (Test for Goodness of Fit) ของข้อมูลการขัดข้อง เพื่อกำหนดรอบการเปลี่ยนของชิ้นส่วน และผลจากการวิจัยพบว่า เครื่องผสมคอนกรีต No.1 มีเวลาการขัดลดลง 563.66 นาฬิกาต่อเดือน และมีความพร้อมใช้งานเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.34 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยนี้คือ การพิจารณาด้านต้นทุนการบำรุงรักษา การตรวจจับการขัดข้อง หรือต้นทุนการเปลี่ยนชิ้นส่วน เนื่องจากการบำรุงรักษาที่เหมาะสมต้องผสมผสานระหว่างการบำรุงรักษาทุกประเภทเข้าด้วยกันคือ การบำรุงรักษาตามเวลา การบำรุงรักษาตามสภาพ และการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข

ตารางที่ 2.3 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หัวข้องานวิจัย	ผลการวิจัย	ข้อเสนอแนะ
การวางแผนการซ่อมบำรุงระยะยาว สำหรับเครื่องประจุไฟฟ้าต้นแบบด้วย การบำรุงรักษาดบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ	- ระบบการชำรุดเร็วมีต้นทุนสูง - กระบวนการ RCM นั้นรวมทั้ง FMCEA และ COFA การนำไปใช้งานขึ้นอยู่กับความสามารถในการนำไปใช้	- ผลตอบรับจากลูกค้าเป็นสิ่งที่สำคัญเพราะลูกค้ามีส่วนแจ้งเตือนความผิดปกติ
การบำรุงรักษาดบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษาเครื่องลำขึ้นส่วนอูมิเนียมในอุตสาหกรรมระบบปรับอากาศรถยนต์	- สามารถลดงานที่ไม่จำเป็นออกไปได้ - มี 3 ชั้นส่วนที่ไม่สามารถหาการบำรุงรักษาที่เหมาะสมได้	- หลีกเลี่ยงเกณฑ์ที่ไม่สามารถตรวจวัดค่าได้ - การบำรุงรักษาต้องใช้วิธีแบบผสมผสาน
การประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาด้วยทฤษฎีความน่าเชื่อถือเพื่อลดเวลาสูญเสียการผลิตกรณีศึกษาโรงงานผลิตกระดาษ	- อัตราการขัดข้องลดลงอย่างมีนัยสำคัญ - พนักงานเข้าใจลักษณะความขัดข้องมากขึ้น - มีมาตรฐานการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่เหมาะสม	- ต้องมีการติดตามข้อมูลการขัดข้องอย่างต่อเนื่อง - ต้องฝึกอบรมพนักงานให้วิเคราะห์ถึงสาเหตุที่แท้จริง
การปรับปรุงกระบวนการประเมินความสำคัญของอุปกรณ์เพื่อการซ่อมบำรุงในบริษัทคลังน้ำมัน	- ลดทรัพยากรการซ่อมบำรุงได้ - ปรับปรุงระบบการประเมินใหม่ - ประยุกต์ใช้โปรแกรม Excel เพื่อการคำนวณความสำคัญ	- สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับบริษัทคลังน้ำมันอื่นๆ ได้
การลดเวลาสูญเสียการผลิต โดยวิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐาน ทฤษฎีความน่าเชื่อถือกรณีศึกษาอุตสาหกรรมคอนกรีต	- สามารถลดเวลาการขัดข้องเครื่องผสมคอนกรีต หมายเลข 1 ได้ - กำหนดรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ทดแทนได้เหมาะสมกับการใช้งานจริง	- เครื่องจักรที่มีมูลค่าสูงต้องมีการศึกษาด้านต้นทุนการซ่อมบำรุงการเปลี่ยนอะไหล่

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ระเบียบการวิจัยของงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการเป็น 6 ขั้นตอน

1. วิเคราะห์วิธีการของ COFA
2. การวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้อง
3. การแบ่งประเภทการตรวจจับ
4. การแบ่งระดับความสามารถการตรวจจับของชิ้นส่วนเครื่องจักร
5. การแบ่งประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนเครื่องจักร COFA+
6. การกำหนดโปรแกรมการบำรุงรักษา

ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 วิเคราะห์วิธีการของ COFA

จากหลักการของ COFA นั้นได้มีการแบ่งประเภทของชิ้นส่วนออกเป็น 4 ประเภทคือ Critical Component, Potential Critical Component, Economic Component และ Run to Failure ซึ่งในแต่ละประเภทผู้วิจัยได้กำหนดเป็นระดับความสำคัญ โดยใช้ตัวอักษร A, B, C และ D เป็นตัวกำหนดระดับความสำคัญของชิ้นส่วนเครื่องจักร ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ประเภทชิ้นส่วน COFA

ประเภทชิ้นส่วน	ระดับ	นิยาม
Critical	A	การขัดข้องส่งผลกระทบโดยตรงกับการผลิต ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม พื้นที่ที่เกิดการขัดข้องต่อชิ้นส่วนนั้น
Potential Critical	B	การขัดข้องในลักษณะซ่อนเร้นและไม่กระทบต่อการผลิตแบบทันทีทันใดแต่อาจเป็นจุดเริ่มต้นของปัญหา หรือการเพิ่มการทำงานล่วงเวลา
Economic	C	เมื่อเกิดการขัดข้องขึ้น ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาจะสูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้
RTF	D	ชิ้นส่วนเมื่อเกิดความขัดข้องและไม่ส่งผลกระทบใดๆ ต่อเครื่องจักรและสายการผลิตหรือความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม

จากการวิเคราะห์หลักการของ COFA นั้นการแบ่งประเภทชิ้นส่วนตามหลักการ COFA นั้นจะกำหนดจากความวิกฤติที่เกิดขึ้นจากผลกระทบจากการขัดข้องเป็นหลักซึ่งจะเห็นได้ว่า

ชิ้นส่วนประเภทแรก คือ ชิ้นส่วนประเภทวิกฤติ (Critical) จะเป็นชิ้นส่วนซึ่งเมื่อเกิดการขัดข้องขึ้นแล้วจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม แบบทันทีทันใดและทำให้สายการผลิตหยุดไม่สามารถผลิตสินค้าได้ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดให้เป็นชิ้นส่วน ระดับ A ดังได้กล่าวแล้วข้างต้น

ชิ้นส่วนประเภทที่สอง คือ ประเภทวิกฤติซ่อนเร้น (Potential Critical) จะเป็นชิ้นส่วนที่เมื่อเกิดการขัดข้องแล้วไม่มีผลกระทบแบบทันทีทันใดและสามารถที่จะเป็นจุดเริ่มต้นของปัญหาวิกฤติในอนาคตได้ซึ่งการขัดข้องนี้ขณะที่ชิ้นส่วนนั้นๆ กำลังขัดข้อง จะไม่แสดงอาการขัดข้องให้เห็น หรือไม่มีการแจ้งเตือนการขัดข้องแบบทันทีทันใด ซึ่งผู้วิจัยกำหนดให้เป็น ระดับ B

ชิ้นส่วนประเภทที่สาม คือ ประเภทเศรษฐศาสตร์ (Economic) เป็นชิ้นส่วนที่ไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเช่นกัน แต่ส่งผลกระทบด้านต้นทุนการผลิตเป็นหลัก รวมถึงค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนการบำรุงรักษา ซึ่งชิ้นส่วนประเภทนี้เมื่อเกิดการขัดข้องแล้วจะไม่ส่งผลกระทบต่อสายการผลิตซึ่งก็ถือว่าเป็นชิ้นส่วนที่มีความสำคัญหากมีการขัดข้องเกิดขึ้น เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษามากเกินกว่าปกติหากชิ้นส่วนดังกล่าวเกิดการขัดข้องซึ่งผู้วิจัยกำหนดให้เป็น ระดับ C

ชิ้นส่วนประเภทที่สี่ คือ ชิ้นส่วนที่ใช้งานจนขัดข้อง (Run to Failure) เป็นชิ้นส่วนที่เมื่อเกิดการขัดข้องแล้วไม่มีผลกระทบใดๆ ทั้งสายการผลิต ความปลอดภัย สิ่งแวดล้อม และต้นทุน ซึ่งโดยทั่วไปชิ้นส่วนประเภทนี้จะทำการซ่อมบำรุงเมื่อเกิดการขัดข้องไปแล้ว จึงเป็นชิ้นส่วนที่มีความสำคัญต่ำที่สุดซึ่งผู้วิจัยกำหนดให้เป็น ระดับ D

จากการวิเคราะห์ประเภทความวิกฤติของ COFA พบว่าการแบ่งประเภทชิ้นส่วนแบบ COFA นั้นมีการแบ่งชิ้นส่วนเพียง 4 ประเภทนั้นน้อยเกินไปยังไม่สอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริงของชิ้นส่วนต่างๆ ที่มีในเครื่องจักรผู้วิจัยมีแนวความคิดที่จะเพิ่มประเภทระดับความสำคัญ ของชิ้นส่วนในแต่ละความวิกฤติจึงเป็นที่มาของการพัฒนาการวิเคราะห์ผลกระทบจากการขัดข้อง

3.2 การวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้อง

การพัฒนาการวิเคราะห์ผลกระทบจากการขัดข้องให้มีประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนที่หลากหลายขึ้นนั้นจะช่วยให้การเลือกโปรแกรมการบำรุงรักษาสำหรับแต่ละชิ้นส่วนเครื่องจักรนั้นมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

ดังนั้นการที่จะเพิ่มประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนจะต้องมีเกณฑ์การประเมินเพิ่มขึ้นจึงจะสามารถเพิ่มประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนได้ เมื่อผู้วิจัยได้พิจารณาถึงวัตถุประสงค์ของ COFA ที่ถูกออกแบบมาเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรโดยการลดการขัดข้องของเครื่องจักรให้น้อยลง

ดังนั้น การพิจารณาเพิ่มเกณฑ์ประเมินจึงจำเป็นต้องทราบถึงสาเหตุการขัดข้องของเครื่องจักรก่อนว่า การขัดข้องของเครื่องจักรส่วนใหญ่มาจากสาเหตุอะไร สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำเครื่องจักรที่ใช้ใน โรงงานผลิตรถยนต์ซึ่งเป็นส่วนของกระบวนการพ่นสีรถยนต์ คือ เครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์ สำหรับเก็บ รวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากเป็นเครื่องจักรที่มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิตเป็น อย่างมาก และเมื่อเครื่องจักรเกิดการขัดข้องจะส่งผลกระทบต่อสายการผลิตทันที

จากการศึกษาการบำรุงรักษาเครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์ ซึ่งเป็นเครื่องจักรกรณีศึกษาพบว่า มี การวางแผนงานซ่อมบำรุงด้วยหลักการที่ภายในบริษัทคิดค้นขึ้นมาเอง โดยการระบุชิ้นส่วนขึ้นส่วนที่ ช่างผู้ดูแลพิจารณาว่าสำคัญมาเป็นหัวข้อการบำรุงรักษา

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล เครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์จำนวน 10 เครื่องตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2556 ถึง 31 ธันวาคม 2556 พบว่ามีเวลารวมการขัดข้องทุกเครื่องจักรรวมกัน 466.8 นาที และจำนวนครั้งการขัดข้องของทุกเครื่องจักรรวมเป็น 56 ครั้ง ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลการขัดข้องเครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์

หมายเลขเครื่อง	เวลาการผลิต (นาที)	เวลารวม การขัดข้อง (นาที)	จำนวนครั้ง การขัดข้อง (ครั้ง)	MTBF (ชั่วโมง)
406DL	130444	32.5	13	167.2
404DL	130444	74	8	271.6
554DL	130444	143.2	8	271.5
608DL	130444	21	9	241.5
506DL	130444	44.1	8	271.7
005DL	130444	112	2	1086.1
415DL	130444	4	2	1087.0
504DL	130444	5	2	1087.0
321DL	130444	15	1	2173.8
426DL	130444	11	2	1086.9
007DL	130444	5	1	2174.0
รวม		466.8	56	

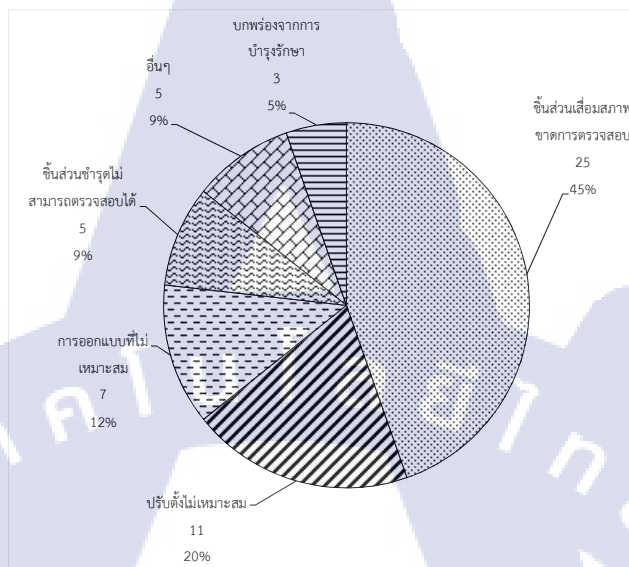
จากการรวบรวมข้อมูล MTBF ของเครื่องฉายแบบลิฟท์ พบว่าเครื่องฉายแบบลิฟท์ หมายเลข 406DL มีเวลาเฉลี่ยระหว่างการขัดข้อง (MTBF) น้อยที่สุดซึ่งแสดงว่าจำนวนครั้งการขัดข้องบ่อยที่สุดคือ 13 ครั้งระหว่างการเก็บข้อมูล 6 เดือน คิดเป็น MTBF เท่ากับ 167.2 ชั่วโมง ซึ่งการวิจัยนี้จะทำการคัดเลือกเครื่องจักรโดยการพิจารณาจาก MTBF ที่มีค่าเฉลี่ยระหว่างการขัดข้องที่ต่ำที่สุด เนื่องจากเป็นค่าที่แสดงถึงการขัดข้องที่บ่อยครั้ง เมื่อวิเคราะห์สาเหตุการขัดข้องของเครื่องฉายแบบลิฟท์จาก 56 ครั้ง การขัดข้องจากชิ้นส่วนเสื่อมสภาพจากขาดการตรวจสอบ มีการขัดข้องบ่อยครั้งที่สุดคือ 25 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 45 ดังตารางที่ 3.3 จากข้อมูลดังตารางที่ 3.3 ทำให้สามารถวิเคราะห์ได้ว่าการตรวจสอบที่ดีและถูกต้องนั้นเป็นหลักการ ช่วยลดเวลาและจำนวนครั้งของการขัดข้อง

ดังนั้นการพัฒนาการวิเคราะห์ผลกระทบจากการขัดข้องโดยการเพิ่มเกณฑ์การประเมินเพื่อให้มีการแบ่งประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนเครื่องจักรให้มากขึ้น จึงได้นำเสนอโดยการเพิ่มเกณฑ์การประเมินด้านการตรวจจับเป็นวิธีการที่เหมาะสมด้วยเหตุผลที่ว่า การตรวจจับที่จะสามารถทำให้ผู้ดูแลเครื่องจักรสามารถรับรู้ปัญหาก่อนการขัดข้องได้

ตารางที่ 3.3 ประเภทของสาเหตุการขัดข้อง

ประเภทของสาเหตุการขัดข้อง	จำนวนครั้ง การขัดข้อง	ร้อยละ
ชิ้นส่วนเสื่อมสภาพจากขาดการตรวจสอบ	25	45
ปรับตั้งไม่เหมาะสม	11	20
การออกแบบที่ไม่เหมาะสม	7	13
ชิ้นส่วนชำรุดไม่สามารถตรวจสอบได้	5	9
อื่นๆ	5	9
บกพร่องจากการบำรุงรักษา	3	5
รวม	56	100

รายละเอียด : ข้อมูล, จำนวน, ร้อยละ



รูปที่ 3.1 กราฟแสดงสาเหตุการชำรุดของเครื่องฉายแบบลิฟท์

3.3 การแบ่งประเภทการตรวจจับ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสาเหตุการชำรุดของเครื่องฉายแบบลิฟท์ พบว่ามีสาเหตุหลักมาจากการชำรุดจากชิ้นส่วนเสื่อมสภาพจากการตรวจสอบดังกล่าวข้างต้น ในขั้นตอนการแบ่งประเภทการตรวจจับนั้น นาซา (NASA) ได้สรุปและแนะนำดังตารางที่ 2.2 จากการวิเคราะห์ถึงวิธีการตรวจจับความผิดปกตินั้น การตรวจจับที่เหมาะสมนั้นจึงเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญสำหรับเป็นเกณฑ์ประเมินความสำคัญของชิ้นส่วน ซึ่งในแต่ละเครื่องจักรนั้นจะมีชิ้นส่วนต่างๆ ทั้งที่สามารถตรวจจับความผิดปกติได้ และตรวจจับความผิดปกติไม่ได้ดังนั้นการตรวจจับความผิดปกติจึงสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

3.3.1 การตรวจจับด้วยประสาทสัมผัส (Visualized Detection)

เป็นการตรวจจับที่ง่ายและมีต้นทุนต่ำซึ่งสามารถตรวจจับได้เป็นรายวัน รายสัปดาห์ และในขณะที่เครื่องจักรกำลังทำงานอยู่ การตรวจจับด้วยสายตานั้นเป็นการดูหรือการสังเกตการเปลี่ยนแปลง เช่น สี ความขุ่นมัว รวมทั้งกลิ่นที่ผิดปกติ เสียงดังผิดปกติขณะเครื่องจักรกำลังทำงาน ข้อเสียของการตรวจจับประเภทนี้คือการตรวจจับที่ไม่มีประสิทธิภาพเนื่องจากการใช้ประสาทสัมผัสรับรู้ถึงความผิดปกติซึ่งประสาทสัมผัสของแต่ละคนมีการรับรู้ที่แตกต่างกันจึงไม่สามารถกำหนดหลักการที่จะนำมาเปรียบเทียบกับสิ่งที่เป็นมาตรฐานความปกติเพื่อรับรู้ถึงความผิดปกติ

3.3.2 การตรวจจับด้วยอุปกรณ์ (Device Oriented Detection)

เป็นการตรวจจับที่ต้องใช้ทักษะและความรู้ทางเทคนิคและวิศวกรรมเพื่อการวิเคราะห์ผลจากการตรวจจับ ตรวจวัด เพื่อเป็นข้อมูลการประเมินหาความผิดปกติของชิ้นส่วนนั้นๆ ในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านอุปกรณ์ตรวจจับความผิดปกติได้พัฒนาให้มีความแม่นยำ และสามารถคาดการณ์ก่อนที่จะเกิดการขัดข้องได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นการตรวจจับประเภทนี้จึงเป็นการตรวจจับที่มีประสิทธิภาพสูงและเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากการตรวจจับที่ให้ผลการวิเคราะห์ออกมาเป็นเชิงปริมาณตัวเลข (Quantitative) ทำให้สามารถเปรียบเทียบผลทางด้านตัวเลขกับค่ามาตรฐานเพื่อประเมินสภาพของชิ้นส่วนได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามการตรวจจับด้วยอุปกรณ์ ถือว่าเป็นการตรวจจับที่มีต้นทุนค่อนข้างสูงจึงเหมาะสำหรับเครื่องจักรที่มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิตสูง

3.3.3 การตรวจจับตลอดเวลา (Real Time Detection)

เป็นการตรวจจับที่นับว่าเป็นการตรวจจับที่สะท้อนถึงการบำรุงรักษาตามสภาพได้เป็นอย่างดีเนื่องจากอุปกรณ์ที่สามารถตรวจจับความผิดปกติได้ตลอดเวลาได้ออกแบบมาเพื่อส่งสัญญาณแจ้งเตือนทันทีเมื่อมีการตรวจจับถึงความผิดปกติของอุปกรณ์นั้นๆ เช่น เซ็นเซอร์ตรวจจับการหย่อนของโซ่ เซ็นเซอร์ตรวจจับความขุ่นของของเหลว เซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิของมอเตอร์ เป็นต้น การเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานนั้นจะขึ้นอยู่กับกติการติดตั้ง และการตั้งค่าเริ่มต้นก่อนการใช้งาน

3.4 การแบ่งระดับความสามารถการตรวจจับของชิ้นส่วนเครื่องจักร

จากประเภทการตรวจจับทั้ง 3 ประเภท ดังที่กล่าวข้างต้น ผู้วิจัยสามารถกำหนดความสามารถการตรวจจับของชิ้นส่วนเครื่องจักรได้เป็น 4 ระดับดังตารางที่ 3.4 โดยเริ่มจาก ชิ้นส่วนที่ไม่สามารถตรวจจับได้ ชิ้นส่วนที่ตรวจจับได้ด้วยประสาทสัมผัส ชิ้นส่วนที่ตรวจจับได้ด้วยอุปกรณ์ และชิ้นส่วนที่ตรวจจับได้ตลอดเวลา

จากตารางที่ 3.4 ชิ้นส่วนที่มีการตรวจจับระดับ a นั้นถือเป็นชิ้นส่วนที่มีความเสี่ยงที่อาจจะเกิดการขัดข้องโดยไม่สามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้าจึงถือว่าการตรวจจับระดับต้องแก้ไข

ชิ้นส่วนที่มีการตรวจจับระดับ b ถือเป็นชิ้นส่วนที่พอจะคาดการณ์ การเกิดการขัดข้องได้ในระดับหนึ่งแต่เนื่องจากการตรวจจับที่ไม่มีประสิทธิภาพจึงถือว่าการตรวจจับระดับพอใช้

ชิ้นส่วนที่มีการตรวจจับระดับ c เป็นชิ้นส่วนที่มีการตรวจจับที่สามารถบอกได้ถึงแนวโน้มของสภาพชิ้นส่วนที่จะส่งผลต่อการขัดข้องในอนาคตได้เป็นอย่างดี ถือว่าการตรวจจับระดับดี และ

ชิ้นส่วนที่มีการตรวจจําบระดับ d ถือเป็นส่วนที่มีการตรวจจําและสามารถประเมินสภาพของชิ้นส่วนได้ตลอดเวลาทำให้สามารถรับรู้ถึงสภาพและแนวโน้มการขัดข้องของชิ้นส่วนได้เป็นอย่างดีเยี่ยมทำให้โอกาสที่จะทำให้ชิ้นส่วนเครื่องจักรนั้นมีโอกาสเกิดการขัดข้องขณะใช้งานน้อยมาก จึงถือเป็นการตรวจจําบระดับ ดีเยี่ยม

อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าในแต่ละชิ้นส่วนอาจมีการตรวจจําได้มากกว่าหนึ่งวิธี งานวิจัยนี้จะพิจารณาวิธีการที่ดีที่สุดเพื่อทำการประเมินระดับวิธีการตรวจจํา เช่น Bearing ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สามารถตรวจจําได้ทั้ง วิธีการใช้ประสาทสัมผัส เช่น ฟังเสียง และตรวจจําด้วยเครื่องมือ เช่น การวัดความสั่นสะเทือน เนื่องจากการฟังเสียงเป็นการตรวจจําที่ยากลำบากต่อการกำหนดมาตรฐานความผิดปกติ ซึ่งจะส่งผลให้เครื่องจักรอาจเกิดการขัดข้องจากการตรวจจําที่คลาดเคลื่อนจากการรับรู้ของมนุษย์แต่ละคน ซึ่งในขณะที่การตรวจจําด้วยข้อมูลความสั่นสะเทือนซึ่งให้ผลเป็นตัวเลข และสามารถกำหนดเป็นมาตรฐานในการตรวจสอบได้ถูกต้องและแม่นยำกว่าการใช้การตรวจจําด้วยประสาทสัมผัส

ตารางที่ 3.4 การแบ่งระดับความสามารถการตรวจจําของชิ้นส่วนเครื่องจักร

วิธีการตรวจจํา	ระดับ	นิยาม
ไม่สามารถตรวจจําได้	a	เป็นส่วนที่ไม่สามารถตรวจจําความผิดปกติใดๆก่อนชำรุดหรือขัดข้อง
ตรวจจําได้ด้วยประสาทสัมผัส	b	สามารถตรวจจําได้ด้วย สายตา ฟังเสียง และดมกลิ่นเท่านั้น
ตรวจจําได้ด้วยเครื่องมือ	c	สามารถตรวจจําได้ด้วยเครื่องมือการตรวจจําสภาพโดยได้ค่าตัวเลข (Quantitative) เป็นค่าประเมิน
ตรวจจําได้ตลอดเวลา	d	สามารถตรวจจํากับความผิดปกติด้วยเครื่องมือหรืออุปกรณ์ได้ตลอดเวลาและสามารถแจ้งเตือนถึงความผิดปกติล่วงหน้าได้

3.5 การแบ่งประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนเครื่องจักร แบบโคฟาลัส (COFA+)

จากการแบ่งประเภทชิ้นส่วนเครื่องจักรตามความวิกฤติของ COFA นั้นเห็นได้ว่าแนวคิดของ บลูม Bloom, Neil ใช้แผนภูมิตัดสินใจ ดังรูป 2.2 RCM COFA Logic Tree ในการแบ่งประเภทของชิ้นส่วนด้วยระดับความวิกฤติที่มีผลกระทบต่อเครื่องจักรและการผลิตเป็นหลักอย่างไรก็ตาม จากประสบการณ์ของผู้วิจัย พบว่าชิ้นส่วนเครื่องจักรแต่ละชิ้นนั้นมีขีดความสามารถการตรวจจับความผิดปกติ และพยากรณ์การขัดข้องได้แตกต่างกัน ซึ่งการตรวจจับความผิดปกติของชิ้นส่วนก่อนที่จะเกิดการขัดข้องนี้ จะทำให้ชิ้นส่วนนั้นๆ มีโอกาสที่จะเกิดการขัดข้องในขณะที่ทำการผลิตนั้นลดลงได้ ซึ่งหมายความว่า ชิ้นส่วนที่มีประเภทชิ้นส่วนในระดับวิกฤตินั้นยังสามารถที่แบ่งย่อยประเภทชิ้นส่วนได้อีกตามระดับการตรวจจับ ดังตารางที่ 3.4 ข้างต้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอวิธีการแบ่งประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนซึ่งเรียกว่า COFA+ ดังตารางที่ 3.5 โดยนำประเภทการตรวจจับมาพิจารณาร่วมกับระดับความวิกฤติของ COFA เดิมเพื่อเพิ่มประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนเครื่องจักรให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้นเพื่อนำไปสู่การกำหนดโปรแกรมการบำรุงรักษาให้เหมาะสมกับชิ้นส่วนตามความสามารถตรวจจับความผิดปกติของชิ้นส่วนนั้นๆ ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

การกำหนดประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนเครื่องจักรนั้นผู้วิจัยได้ศึกษาถึงวิธีการกำหนดประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนไว้ 2 แนวทาง ดังนี้

1. การกำหนดเป็นตัวเลข โดยผลคูณจาก 2 ตัวแปร เนื่องจากวิธีดังกล่าวมีโอกาสนี้จะมีค่าผลคูณซ้ำกันโดยที่ความสำคัญหรือความวิกฤติต่างกันซึ่งจะทำให้การกำหนดประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนผิดพลาดประการที่ 2 การกำหนดค่า จากผลคูณเพื่อนำไปแก้ไขไม่มีมาตรฐานชัดเจนในการกำหนดซึ่งขึ้นอยู่กับผู้วิเคราะห์เป็นหลักและต้องการข้อมูลที่เก็บไว้ในระยะเวลาที่ยาวพอสมควร
2. การกำหนดเป็นตัวอักษร การกำหนดเป็นตัวอักษรนั้นตามแนวคิดของผู้วิจัยนั้นจะให้ความสำคัญกับชิ้นส่วน Critical เป็นอันดับแรกและลดระดับความสำคัญของชิ้นส่วนวิกฤติในแต่ละระดับด้วยระดับของวิธีการตรวจจับ

ตารางที่ 3.5 ประเภทระดับความสำคัญโดย COFA+

(ระดับ) หัวข้อประเมิน		การตรวจจับ			
		(a) ตรวจจับ ไม่ได้	(b) ตรวจจับ ประสาธสัมผัส	(c) ตรวจจับ ด้วยเครื่องมือ	(d) ตรวจจับ ได้ตลอดเวลา
ความวิกฤต	(A) Critical	Aa	Ab	Ac	Ad
	(B) Potential	Ba	Bb	Bc	Bd
	(C) Economic	Ca	Cb	Cc	Cd
	(D) RTF	Da	Db	Dc	Dd

จากตารางที่ 3.5 COFA+ ได้แบ่งประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนเครื่องจักรออกเป็น 16 ประเภทตามระดับความวิกฤตใช้สัญลักษณ์ตัวอักษร A-D (ตารางที่ 3.1) และระดับการตรวจจับ ใช้สัญลักษณ์ตัวอักษร a-c (ตารางที่ 3.4) ดังกล่าวข้างต้น

การกำหนดประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนเครื่องจักรจะเรียงลำดับความสำคัญจากมากไปหาน้อยซึ่งจะตรงตามตัวอักษร A หรือ a ไปหา D หรือ d ตามลำดับ สำหรับชิ้นส่วนที่มีประเภทความสำคัญมากที่สุดซึ่งต้องการการดูแลเป็นพิเศษ ตามตารางที่ 3.5 คือ ชิ้นส่วนระดับ Aa ซึ่งเป็นชิ้นส่วนวิกฤตที่มีผลกระทบต่อเครื่องจักรและสายการผลิตแบบทันทีทันใด อีกทั้งยังเป็นชิ้นส่วนที่ไม่สามารถตรวจจับความผิดปกติได้อีกด้วย ดังนั้นจะเห็นว่าชิ้นส่วน Aa จะเป็นชิ้นส่วนที่มีโอกาสก่อให้เกิดการขัดข้องต่อเครื่องจักรและสายการผลิตมากที่สุด

ในชิ้นส่วน Ab ซึ่งเป็นชิ้นส่วนวิกฤตเช่นเดียวกันแต่มีระดับความสามารถการตรวจจับในระดับที่ดีขึ้น คือสามารถที่จะตรวจจับได้ด้วยประสาทสัมผัส ซึ่งถึงแม้ว่าจะเป็นชิ้นส่วนในระดับวิกฤตเช่นเดียวกันแต่สามารถที่จะตรวจจับถึงแนวโน้มการขัดข้องได้ด้วยประสาทสัมผัส ก็จะส่งผลให้ประเภทความสำคัญน้อยกว่า Aa ที่ไม่สามารถตรวจจับความผิดปกติได้เลย

อย่างไรก็ตามประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนจะถูกลดระดับลง เมื่อระดับความวิกฤตลดลงเป็น Potential Critical, Economic และ Run to Failure ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่าชิ้นส่วนที่มีความสำคัญน้อยที่สุดคือ ชิ้นส่วนระดับ Dd เนื่องจากเป็นชิ้นส่วนที่สามารถยอมให้ขัดข้องได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อเครื่องจักรและกระบวนการผลิต อีกทั้งยังมีการตรวจจับการขัดข้องได้ตลอดเวลาซึ่งถือเป็นการตรวจจับที่ดีที่สุด

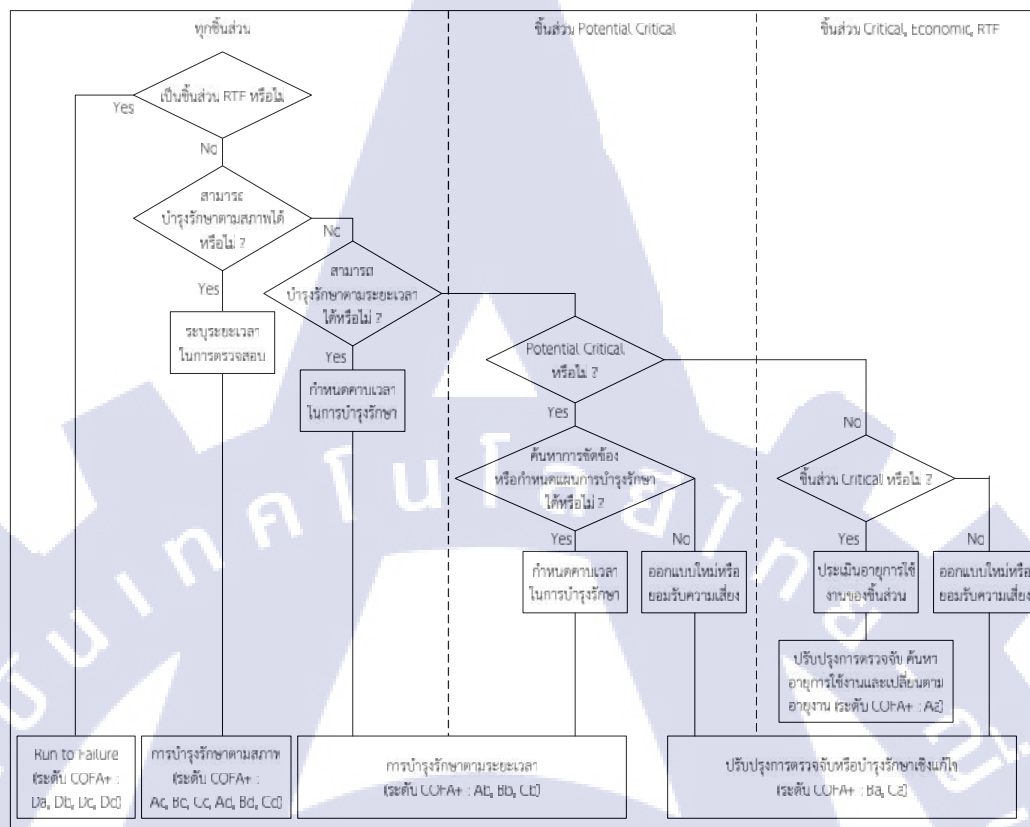
3.6 การกำหนดโปรแกรมการบำรุงรักษา

การกำหนดประเภทการบำรุงรักษาให้สอดคล้องกับแยกประเภทความสำคัญของชิ้นส่วน เครื่องจักรถือเป็นกระบวนการที่สำคัญหลังจากที่ได้คัดแยกประเภทความสำคัญของแต่ละชิ้นส่วน เครื่องจักรออกเป็น 16 ประเภทในขั้นตอนนี้จะต้องนำทุกชิ้นส่วนในแต่ละประเภทนั้นมาทำการ วิเคราะห์ด้วย Maintenance Program Logic Tree เพื่อกำหนดโปรแกรมการบำรุงรักษาให้ เหมาะสมกับประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนเครื่องจักร

การกำหนดโปรแกรมการบำรุงรักษานั้นดำเนินการตามวิธีต่อไปนี้ คือนำทุกชิ้นส่วนที่ผ่าน การวิเคราะห์ด้วย COFA+ และนำระดับประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนมาวิเคราะห์ด้วย Maintenance Program Selection Tree ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งจากรูปที่ 3.2 นั้นผู้วิจัยได้ดัดแปลงเพิ่มเติมรายละเอียดใน ส่วนของโปรแกรมการบำรุงรักษาชิ้นส่วน Critical ซึ่งจากรูป 2.6 จะเห็นได้ว่าชิ้นส่วนที่นอกเหนือจาก Potential Critical นั้นจะต้องออกแบบใหม่หรือยอมรับความเสี่ยงสำหรับชิ้นส่วนนั้น ซึ่งผู้วิจัย วิเคราะห์จากทฤษฎี Bathtub Curve พบว่าการค้นหาอายุการใช้งานของชิ้นส่วนที่ไม่สามารถ ตรวจสอบความผิดปกติได้ เป็นสิ่งที่เหมาะสมกับชิ้นส่วนประเภท Critical เป็นอย่างยิ่ง

การวิเคราะห์การเลือกโปรแกรมการบำรุงรักษานั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการวิเคราะห์ มากยิ่งขึ้นผู้วิจัยนำเสนอหลักการพิจารณาว่าชิ้นส่วนใดเข้าเกณฑ์การบำรุงรักษาแบบใดตามหลักการ แผนภูมิเลือกโปรแกรมการบำรุงรักษาดังต่อไปนี้

- การบำรุงรักษาตามสภาพ เหมาะสำหรับชิ้นส่วนที่มีการตรวจจับด้วยเครื่องมือ ระดับ c เนื่องจากสามารถกำหนดค่ามาตรฐานเป็นตัวเลขเพื่อเป็นมาตรฐานการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรได้ เช่น ค่ากระแสไฟฟ้า อุณหภูมิ การสั่นสะเทือน ปริมาณผงเหล็กในจารบี
- การบำรุงรักษาตามเวลา เหมาะสำหรับชิ้นส่วนที่มีการตรวจจับด้วยประสาทสัมผัสระดับ b เนื่องจากการตรวจจับด้วยประสาทสัมผัสไม่สามารถกำหนดเป็นค่ามาตรฐานได้ชัดเจน เช่นการ เปลี่ยนเปลี่ยน แบตเตอรี่ รถยนต์ เมื่อมีการบวมของแบตเตอรี่ เนื่องจากการบวมของแบตเตอรี่ ไม่ สามารถกำหนดได้ว่าอาการบวม แคไหนที่ต้องเปลี่ยนใหม่ ดังนั้นวิธีที่ดีที่สุดควรจะเป็นการเปลี่ยนตาม รอบที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดไว้ตามระยะเวลาคือทุก 2 ปี เป็นต้น
- การบำรุงรักษาเชิงแก้ไข เหมาะสำหรับชิ้นส่วน RTF ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ไม่ส่งผลกระทบต่อ กระบวนการผลิต



รูปที่ 3.2 การเลือกโปรแกรมการบำรุงรักษาตามประเภทชิ้นส่วนตามหลักการ COFA+

เมื่อนำทุกชิ้นส่วนมาเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิการเลือกโปรแกรมการบำรุงรักษาตามรูปที่ 3.2 นั้นลำดับแรกจะเป็นการคัดกรองชิ้นส่วนประเภท RTF ให้เป็นชิ้นส่วนที่ใช้จนกระทั่งขัดข้องออกมาก่อน จากนั้นจึงทำการพิจารณาชิ้นส่วนที่เหลือเพื่อการบำรุงรักษาตามสภาพ เกณฑ์การพิจารณาว่าชิ้นส่วนใดสามารถบำรุงรักษาตามสภาพได้หรือไม่นั้นพิจารณาจากชิ้นส่วนที่มีการตรวจจับสนับสนุนระดับ c (ตรวจจับสนับสนุนด้วยเครื่องมือ) และระดับ d (ตรวจจับสนับสนุนได้ตลอดเวลา) ซึ่งก็คือชิ้นส่วน Ac, Bc, Cc, Ad, Bd, Cd จากนั้นชิ้นส่วนที่ไม่สามารถบำรุงรักษาตามสภาพจะถูกพิจารณาเพื่อการบำรุงรักษาตามระยะเวลา ซึ่งเกณฑ์การพิจารณาว่าสามารถบำรุงรักษาตามระยะเวลาได้นั้น พิจารณาจากชิ้นส่วนที่มีการตรวจจับสนับสนุนด้วยประเภทประสาทสัมผัส ระดับ b (ตรวจจับสนับสนุนได้ด้วยประสาทสัมผัส) ซึ่งก็คือชิ้นส่วนประเภทความสำคัญระดับ Ab, Bb, Cb สำหรับชิ้นส่วนที่เหลือนั้นเป็นชิ้นส่วนที่ไม่สามารถตรวจจับสนับสนุนได้จะพิจารณาในส่วนของ ชิ้นส่วนประเภท Potential Critical เพื่อวิเคราะห์ว่าสามารถที่จะค้นหาความขัดข้องที่จะเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนประเภทนี้ได้หรือไม่ถ้าสามารถค้นหาได้จึงกำหนดโปรแกรมการบำรุงรักษาตามระยะเวลาซึ่งก็คือ ประเภทความสำคัญ Bb หากไม่สามารถค้นหา

ได้จึงต้องมีการปรับปรุงการตรวจจับหรือออกแบบใหม่หรือยอมรับความเสี่ยงของการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข คือขึ้นส่วนประเภทความสำคัญ Ba จากนั้นขึ้นส่วนที่เหลือ ซึ่งเป็น Critical จะต้องประเมินอายุการใช้งานของขึ้นส่วนเพื่อวางแผนเปลี่ยนเมื่อครบกำหนดอายุการใช้งาน คือขึ้นส่วนประเภทความสำคัญ Aa และขึ้นส่วนที่เหลือที่ไม่ใช่ Critical คือ Economic คือขึ้นส่วนประเภทความสำคัญ Ca ให้ทำการปรับปรุงการตรวจจับหรือออกแบบใหม่หรือยอมรับความเสี่ยงของการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข

ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ตามแผนภูมิการเลือกโปรแกรมการบำรุงรักษา รูปที่ 3.2 และสามารถสรุปดังตารางที่ 3.6

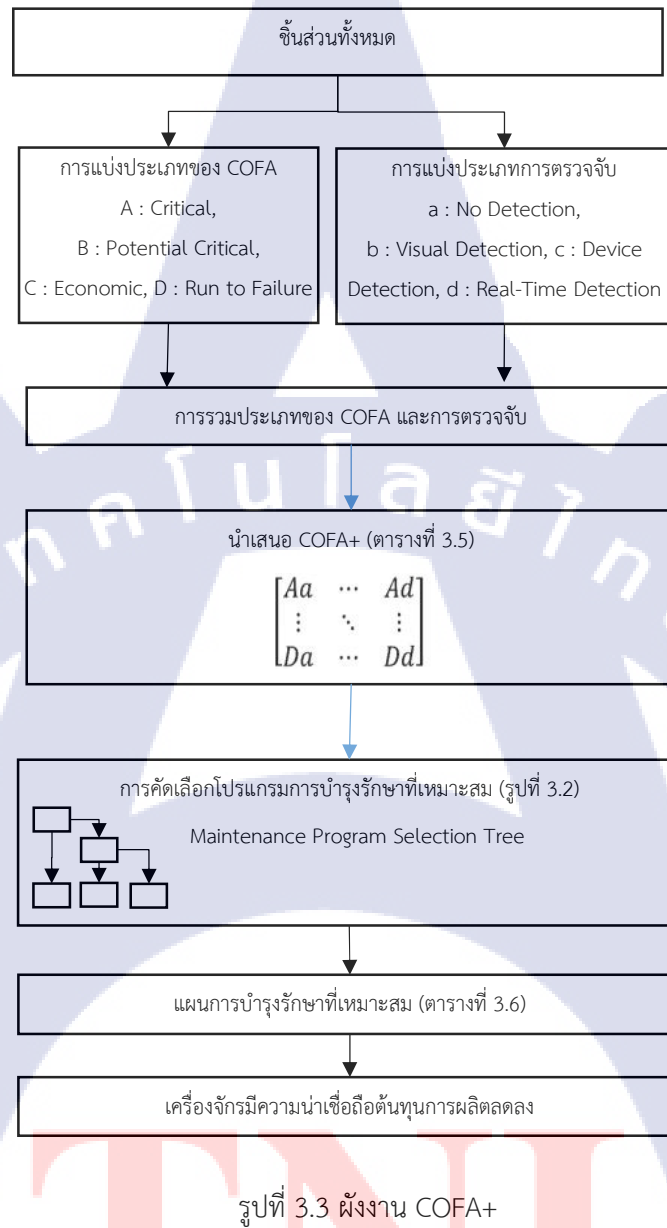
ตารางที่ 3.6 โปรแกรมการบำรุงรักษาตามหลักการ COFA+

Level of COFA+	Maintenance Activity
Aa	ปรับปรุงการตรวจจับ ค้นหาอายุการใช้งาน และเปลี่ยนตามอายุการใช้งาน
Ba, Ca	ปรับปรุงการตรวจจับ หรือบำรุงรักษาเชิงแก้ไข
Ab, Bb, Cb	บำรุงรักษาตามเวลา
Ac, Bc, Cc, Ad, Bd, Cd	บำรุงรักษาตามสภาพ
Da, Db, Dc, Dd	บำรุงรักษาเชิงแก้ไข

การสรุปเป็นตารางโปรแกรมการบำรุงรักษา ดังตารางที่ 3.6 นี้ ได้นำไปประยุกต์ใช้งาน หลังจากมีการวิเคราะห์ตามหลักของ COFA+ ค้นพบว่าสามารถกำหนดโปรแกรมการบำรุงรักษาตามระดับความสำคัญของขึ้นส่วนที่วิเคราะห์ออกมาได้สะดวกและรวดเร็วดังตารางที่ 3.6

จากทั้ง 5 กลุ่มของ COFA+ นั้นสามารถสรุปเป็น Flow Chart การวิเคราะห์ด้วย COFA+ ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งเป็นการสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์ COFA+

โดยกระบวนการเริ่มจาก การนำทุกขึ้นส่วนมาคัดกรองโดยแบ่งเป็น 2 หัวข้อประเมิน คือ COFA เดิม และการแบ่งประเภทการตรวจจับ จากนั้นให้ทำการสรุปและนำทั้ง 2 เกณฑ์ มาวิเคราะห์ตามตารางที่ 3.5 COFA+ จากนั้นทำการคัดเลือกโปรแกรมการบำรุงรักษาตามรูปที่ 3.2 อีกทั้งยังสามารถสรุประดับของ COFA+ เป็นหลักเกณฑ์กำหนดโปรแกรมการบำรุงรักษาดังตารางที่ 3.6



บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทที่ 4 เป็นการนำเสนอผลลัพธ์และความสำเร็จที่ได้เปรียบจากการประยุกต์หลักการของงานวิจัยโดยใช้เครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์ สำหรับกระบวนการพ่นสีรถยนต์ ในอุตสาหกรรมยานยนต์เป็นกรณีศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าการนำ COFA+ มาทำการวิเคราะห์ตามหลักการ RCM เพื่อจัดระดับความสำคัญของชิ้นส่วน และกำหนดแผนการบำรุงรักษาที่เหมาะสมกับชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์ ได้ผลเป็นที่ประจักษ์ว่าอัตราการขัดข้องของเครื่องจักรลดลงจาก ร้อยละ 0.59 เหลือร้อยละ 0.27

4.1 ผลการวิจัย

4.1.1 การคัดเลือกระบบ

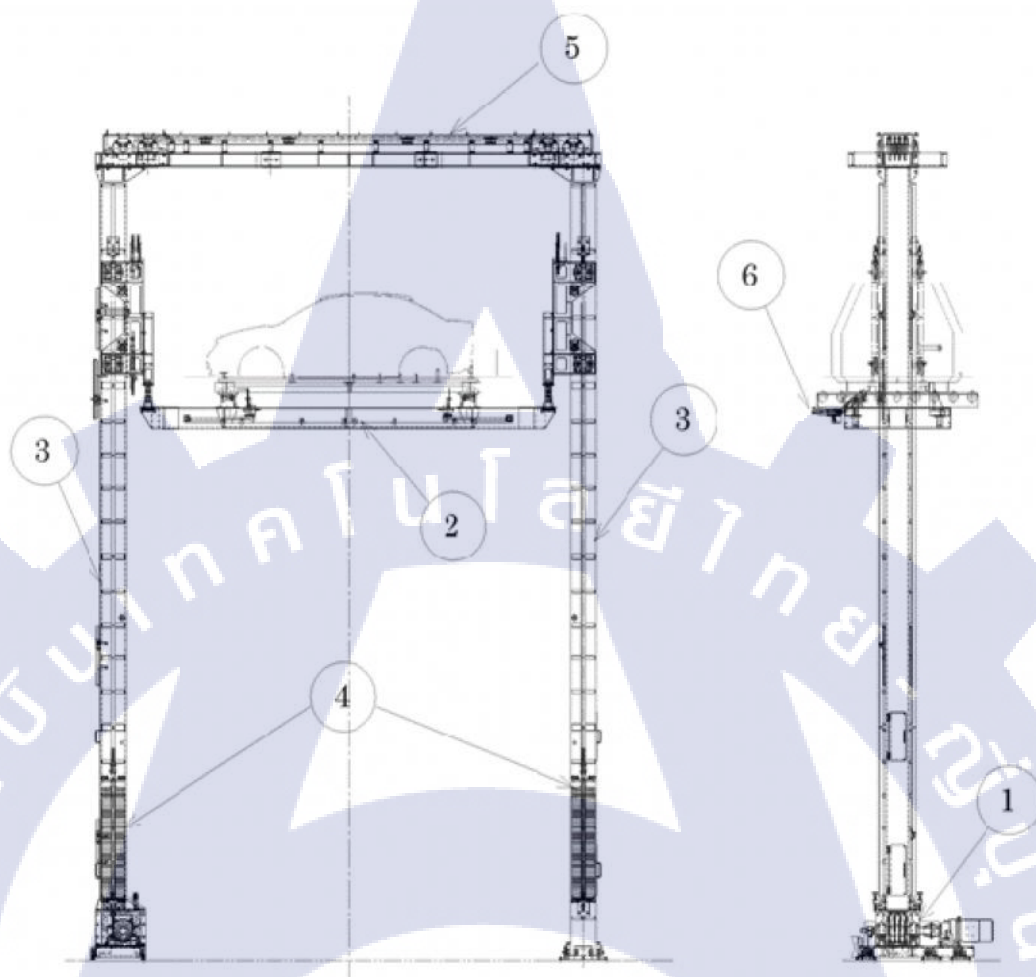
การคัดเลือกเครื่องจักรอ้างอิงจาก ตารางที่ 3.2 โดยทำการคัดเลือกเครื่องจักรจากข้อมูล การขัดข้องของเครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์จำนวน 10 เครื่อง ได้กำหนดเครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์หมายเลข 406DL ซึ่งมีค่าMTBF ต่ำที่สุดคือ 167.2 ชั่วโมง ซึ่งหมายถึงมีความถี่การชำรุดบ่อยที่สุด

4.1.2 ระบุชิ้นส่วนเครื่องจักร

เครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์สามารถแบ่งชิ้นส่วนทั้งหมดเป็น 69 ชิ้นส่วน และมีชิ้นส่วนหลักทั้งหมด 6 ชิ้นส่วน ดังรูป 4.1 โดยแต่ละชิ้นส่วนหลักประกอบด้วยรายละเอียดจำนวนชิ้นส่วนย่อยดังตารางที่ 4.1 [14]

ตารางที่ 4.1 จำนวนชิ้นส่วนของเครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์

ลำดับ	ชิ้นส่วนหลัก	จำนวนชิ้นส่วนย่อย
1	Feeder Entrance Unit	12
2	Feeder Exit Unit	7
3	Feeder Exit Unit	5
4	Lifter Unit	29
5	Roller Conveyor Unit	5
6	Control Panel Unit	11
Total		69



รูปที่ 4.1 โครงสร้างเครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์ [14]

4.1.3 วิเคราะห์ชิ้นส่วนเครื่องจักร

จากการนำทุกชิ้นส่วนมาวิเคราะห์ตามหลักการ RCM COFA Logic Tree ดังตารางที่ 2.1 และเพิ่มเติมหัวข้อประเมินระดับการตรวจจับ และสรุปประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนตามหลักการของ COFA+ ดังที่ได้กล่าวแล้วตามตารางที่ 3.5 จากการวิเคราะห์การขัดข้องของชิ้นส่วนทั้งหมด 69 ชิ้นส่วนสามารถวิเคราะห์ลักษณะการขัดข้องได้ 87 ลักษณะการขัดข้อง ดังตารางที่ 4.2

จากการวิเคราะห์ชิ้นส่วนเครื่องจักรพบว่าชิ้นส่วนเครื่องจักรแต่ละชิ้นส่วนจะมีลักษณะการขัดข้องได้มากกว่า 1 ลักษณะการขัดข้องดังตารางที่ 4.3 ซึ่งเป็นตัวอย่างการวิเคราะห์ด้วย COFA+ จำนวน 11 ลักษณะการขัดข้องจาก 87 ลักษณะการขัดข้อง โดยผลการวิเคราะห์ทั้งหมดดูได้จากภาคผนวก ก.

จากตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ไม่มีชิ้นส่วน ประเภท C เนื่องจากเครื่องจักรที่นำมาวิเคราะห์ได้มีการออกแบบให้เครื่องจักรสามารถตรวจจับความผิดปกติเองได้ โดยจะแสดงเป็นข้อความแจ้งเตือนเมื่อเครื่องจักรเกิดการขัดข้องจึงทำให้ไม่มีชิ้นส่วนประเภท Economic ในระดับ (C)

ตารางที่ 4.2 จำนวนลักษณะการขัดข้องในแต่ละระดับความสำคัญของ COFA+

(ระดับ) หัวข้อประเมิน		การตรวจจับ			
		(a) ตรวจจับไม่ได้	(b) ตรวจจับ ประสานสัมผัส	(c) ตรวจจับ ด้วยเครื่องมือ	(d) ตรวจจับ ได้ตลอดเวลา
ความวิกฤต	(A) Critical	23	25	13	1
	(B) Potential	3	7	8	0
	(C) Economic	0	0	0	0
	(D) RTF	2	5	0	0

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์ COFA+

ลำดับ ที่	รหัส ชิ้นส่วน	คำอธิบาย ชิ้นส่วน	หน้าที่ ของชิ้นส่วน	ความขัดข้อง ที่อาจเกิดขึ้นได้	อาการขัดข้อง ของชิ้นส่วน	การแจ้งเตือน การขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ เมื่อเกิดการขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ และทรัพย์สิน	ประเภทของ ชิ้นส่วน COFA	ประเภท การตรวจจับ	ระดับประเภท ความสำคัญ COFA+	โปรแกรม การบำรุงรักษา
1	1-1-1	Feeder Motor with Reducer 5.5 kW	ชุดขับเคลื่อน Feeder	ขดลวดข้อต่อ ลงกราวด์	กระแสสูง	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอายุงาน เปลี่ยนตามอายุงาน
		Feeder Motor with Reducer 5.5 kW	ชุดขับเคลื่อน Feeder	เฟืองสึก	เสียงดังขณะ ทำงาน	ไม่มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Potential	Device	Bc	CBM
		Feeder Motor with Reducer 5.5 kW	ชุดขับเคลื่อน Feeder	ลูกปืนแตก	เสียงดังที่ลูกปืน	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Device	Ac	CBM
		Feeder Motor with Reducer 5.5 kW	ชุดขับเคลื่อน Feeder	ผ้าเบรกลูก	เครื่องจักรหยุด เลยตำแหน่ง	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Device	Ac	CBM
8	1-2-1	Pusher Dog	ผลัก Pallet	สึก	ไม่สามารถผลัก Pallet ได้	มี	ทำให้ Pallet สึก ตามไปด้วย	ไม่หยุดสายการผลิต	Potential	Visual	Bb	TBM
54	5-1-1	Roller Conveyor Motor with Reducer 0.4 kW	ชุดขับเคลื่อน สายพาน แบบลูกกลิ้ง	ขดลวดข้อต่อ ลงกราวด์	กระแสสูง	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอายุงาน เปลี่ยนตามอายุงาน
		Roller Conveyor Motor with Reducer 0.4 kW	ชุดขับเคลื่อน สายพาน แบบลูกกลิ้ง	เฟืองสึก	มีเสียงดัง ขณะทำงาน	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
		Roller Conveyor Motor with Reducer 0.4 kW	ชุดขับเคลื่อน สายพาน แบบลูกกลิ้ง	ลูกปืนแตก	ลูกปืน มีเสียงดัง	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
59	6-1-1	PLC	หน่วยประมวลผล การทำงานของ เครื่องจักร	ไม่สามารถ ประมวลผลได้	ไม่มี	ไม่มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาจากงาน เปลี่ยนตามอายุงาน
60	6-1-2	Magnetic Break Unit	สะพานไฟการ เบรก สำหรับ Lifter	กระแสไฟฟ้า ไม่ผ่านหน้า สัมผัส	มีเขม่าที่ หน้าสัมผัส	ไม่มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
66	6-1-8	Inverter	ควบคุมความเร็ว ในการเคลื่อนที่ ของ Lifter	ตัวเก็บประจุ ชำรุด	ตัวเก็บประจุ บวม	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอายุงาน เปลี่ยนตามอายุงาน

4.1.4 ทำการคัดเลือกโปรแกรมการบำรุงรักษา

จากตารางที่ 3.6 สามารถกำหนดโปรแกรมการบำรุงรักษาให้กับทุกชิ้นส่วนได้ ดังรูปที่ 3.2 การเลือกโปรแกรมการบำรุงรักษาตามประเภทชิ้นส่วนนั้นพบว่าการวิเคราะห์ด้วย RCM COFA+ นั้นทำให้สามารถแจกแจงรายละเอียดชิ้นส่วนเครื่องจักรได้มากขึ้น จากเดิมมีการบำรุงรักษาชิ้นส่วนเครื่องจักร 35 หัวข้อและเมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ RCM COFA+ สามารถค้นหาชิ้นส่วนที่จำเป็นต้องการบำรุงรักษาเป็น 87 หัวข้อดังตารางที่ 4.2

เมื่อทำการเปรียบเทียบกับการบำรุงรักษาแบบเดิม ที่ใช้หลักการภายในบริษัทคิดค้นขึ้นมาเองโดยการคัดเลือกชิ้นส่วนตามคู่มือที่กำหนดเป็นหัวข้อการบำรุงรักษาเป็นหลัก โดยจะมีหัวข้อในการบำรุงรักษา 35 หัวข้อ เมื่อเปรียบเทียบกับแผนการบำรุงรักษาแบบ COFA+ จะเห็นได้ว่ามีหัวข้อการบำรุงรักษามากขึ้น เป็นจำนวน 87 หัวข้อ ซึ่งครอบคลุมชิ้นส่วนมากขึ้น ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลและการเปรียบเทียบการบำรุงรักษา

โปรแกรมการบำรุงรักษา	แผนการบำรุงรักษา แบบเดิม	แผนการบำรุงรักษา แบบ RCM COFA+
การบำรุงรักษาตามสภาพ	7	23
การบำรุงรักษาตามเวลา	9	32
ค้นหาอายุงานและเปลี่ยนตามอายุงาน	13	23
ปรับปรุงการตรวจจับ	0	3
Run to Failure	6	6
รวม	35	87

จากการวิเคราะห์เพื่อค้นหาโปรแกรมการบำรุงรักษาพบว่ากระบวนการ RCM COFA+ นั้นสามารถที่จะวิเคราะห์เพื่อค้นหา หัวข้อการบำรุงรักษาได้มากขึ้นจาก RCM COFA+ ได้มีการวิเคราะห์ถึงอาการที่จะเกิดขึ้นของชิ้นส่วนเครื่องจักรว่าสามารถที่จะเกิดการขัดข้องอะไรได้บ้าง ดังนั้นจึงทำให้สามารถเพิ่มหัวข้อการตรวจสอบจากการวิเคราะห์อาการเพิ่มมากขึ้น ทำให้สามารถรับรู้ถึงจุดสำคัญในการบำรุงรักษาในแต่ละชิ้นส่วนได้เป็นอย่างดี

เนื่องจากการกำหนดหัวข้อการบำรุงรักษาแบบเดิมนั้นกำหนดจากการประสบการณ์ของผู้วางแผนและคู่มือ ซึ่งหากผู้วางแผนการบำรุงรักษามีประสบการณ์ไม่มากเพียงพอก็อาจจะทำให้การวางแผนไม่ครอบคลุม อีกทั้งคู่มือก็สามารถอ้างอิงได้บางส่วนเนื่องจากทางผู้ผลิตอาจไม่มีข้อมูลการ

ขัดข้องหลังจากที่มีการติดตั้งและการใช้งานรวมทั้งสภาพแวดล้อมจริงของการติดตั้งเครื่องจักรและการใช้งาน

4.2 การวัดและประเมินผล

4.2.1 ด้านความน่าเชื่อถือของระบบ

จากการวางแผนการบำรุงรักษาดังกล่าวข้างต้นได้เพิ่มหัวข้อการตรวจสอบโดยแจกแจงรายละเอียดให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นเกี่ยวกับหัวข้อการบำรุงรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม 2557 ถึงเดือน ตุลาคม 2557 ค้นพบว่าเครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์มีเวลาการขัดข้องลดลงเหลือ 12.9 นาที และมีจำนวนครั้งการขัดข้องเหลือเพียง 5 ครั้ง ดังตารางที่ 4.5 เนื่องจากผู้ดูแลเครื่องจักร เข้าใจหลักการของ COFA+ และเข้าใจหน้าที่ของทุกชิ้นส่วนของเครื่องจักรดีขึ้น เน้นความสำคัญของการตรวจจบบากขึ้น และทำความเข้าใจหัวข้อที่สำคัญในการบำรุงรักษาและสาเหตุที่ทำให้เกิดการขัดข้อง และสามารถบำรุงรักษาได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบผลการบำรุงรักษาก่อนและหลังการประยุกต์ใช้ RCM COFA+

ดัชนีชี้วัด	การบำรุงรักษาแบบเดิม (กรกฎาคม - ธันวาคม 2556)	การบำรุงรักษาแบบ RCM COFA+ (พฤษภาคม - ตุลาคม 2557)	ลดลง
เวลารวมการเดินเครื่อง	130,444 นาที	111,990 นาที	-
เวลาการขัดข้อง	32.5 นาที	12.9 นาที	19.6 นาที
จำนวนครั้งการขัดข้อง	13 ครั้ง	5 ครั้ง	8 ครั้ง
MTBF	167.2 ชม.	373.2 ชม.	206.06 ชม.
FR(%)	0.59%	0.27%	0.32%

4.2.2 ด้านต้นทุนการผลิต

เนื่องจากค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนการผลิตเป็นความลับบริษัท ผู้วิจัยจึงประมาณการค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนแรงงานและค่าพลังงานประมาณ 1,500 บาทต่อนาที เมื่อเกิดการขัดข้องของเครื่องจักรและค่าเสียโอกาสทางการผลิต ประมาณ 25,000 บาทต่อนาที ซึ่งสามารถนำเวลาการขัดข้องมาคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่สูญเสีย ดังนี้

การบำรุงรักษาแบบเดิม (ก.ค. - ธ.ค. 2556)

$$\begin{aligned}\text{ค่าใช้จ่ายเมื่อเครื่องจักรขัดข้อง} &= \text{ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานและค่าพลังงาน} \times \text{เวลาการขัดข้อง} \\ &= 1,500 \times 32.5 \\ &= 48,750 \text{ บาท}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่าเสียโอกาสเมื่อเครื่องจักรขัดข้อง} &= \text{ค่าเสียโอกาสทางการผลิต} \times \text{เวลาขัดข้อง} \\ &= 25,000 \times 32.5 \\ &= 875,000 \text{ บาท}\end{aligned}$$

การบำรุงรักษาแบบ COFA+ (พ.ค. - ต.ค. 2557)

$$\begin{aligned}\text{ค่าใช้จ่ายเมื่อเครื่องจักรขัดข้อง} &= \text{ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานและค่าพลังงาน} \times \text{เวลาการขัดข้อง} \\ &= 1,500 \times 12.9 \\ &= 19,350 \text{ บาท}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่าเสียโอกาสเมื่อเครื่องจักรขัดข้อง} &= \text{ค่าเสียโอกาสทางการผลิต} \times \text{เวลาขัดข้อง} \\ &= 25,000 \times 12.9 \\ &= 345,000 \text{ บาท}\end{aligned}$$

จากตารางที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบการบำรุงรักษาระหว่างแบบเดิม และแบบ COFA+ จะเห็นว่า COFA+ สามารถลดค่าใช้จ่ายเมื่อเครื่องจักรขัดข้องลดลงได้ ร้อยละ 60 คิดเป็นจำนวนเงิน 599,400 บาทต่อ 6 เดือน (93,233 บาทต่อเดือน)

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบต้นทุนรอบ 6 เดือน

ค่าใช้จ่าย	การบำรุงรักษา แบบ เดิม (ก.ค. - ธ.ค. 2556) (บาท)	การบำรุงรักษา แบบ COFA+ (พ.ค. - ต.ค. 2557) (บาท)	ต้นทุน ลดลง (บาท)	ต้นทุน ลดลง (%)
ค่าใช้จ่ายเมื่อเครื่องจักรขัดข้อง (ค่าแรง + ค่าพลังงาน) x เวลาขัดข้อง	48,750	19,350	29,400	60%
ค่าเสียโอกาสทางการผลิต (ค่าเสียโอกาส x จำนวนรถที่เสีย โอกาส)	875,000	345,000	530,000	60%
รวม	923,750	364,350	559,400	60%

หลังจากการวิเคราะห์ชิ้นส่วนด้วย COFA+ และวางแผนการบำรุงรักษาตามหลักการ RCM COFA+ ผู้วิจัยได้ทำการการเปลี่ยนและซ่อมใหญ่ในแต่ละชิ้นส่วนในเดือนเมษายน 2557 ผู้วิจัยได้ตรวจสอบชิ้นส่วนเครื่องจักรพบว่า มีชิ้นส่วนที่ต้องได้รับการเปลี่ยนหรือซ่อมใหญ่ (Overhaul) จำนวน 7 ชิ้นส่วนคิดเป็นเงิน 344,500 บาทดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าใช้จ่ายการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์

รายการชิ้นส่วน	จำนวน	ราคาต่อหน่วย	ราคารวม
อินเวอร์เตอร์ 0.4 kW	4	8,000	32,000
มอเตอร์ ขนาด 0.4 kW	3	13,000	39,000
ลิมเฟลา	1	500	500
Proximity Switch (ชนิดทนความร้อน)	4	32,000	128,000
Overhaul Motor 15 kW	1	80,000	80,000
Overhaul Motor 5.5 kW	1	35,000	35,000
Overhaul Motor 3.7 kW	1	30,000	30,000
รวม			344,500

เมื่อทำการเปรียบเทียบต้นทุน-กำไรที่ได้ระหว่างการบำรุงรักษาแบบเดิม และแบบ COFA+ นั้นจะเห็นได้ว่า COFA+ จะมีต้นทุนคือการเปลี่ยนและซ่อมใหญ่ชิ้นส่วน เป็นจำนวนเงิน 344,500 บาท และสามารถลดต้นทุนเมื่อเกิดการขัดข้องลงได้ 559,400 บาทต่อ 6 เดือน เมื่อคำนวณเป็นระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period) จะมีค่าเท่ากับ 3.7 เดือน โดยงานวิจัยนี้ไม่คิดมูลค่าของเงินตามเวลา (Time Value of Money) ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบต้นทุน-กำไรต่อ 6 เดือน

รายการ	(1) การบำรุงรักษาแบบเดิม	(2) การบำรุงรักษาแบบ COFA+	ลดต้นทุนได้ (1) - (2)
การลงทุนเปลี่ยนอุปกรณ์และซ่อมใหญ่ (บาท)	0	344,500	-344,500
ค่าใช้จ่ายและค่าเสียโอกาสเมื่อเครื่องจักรขัดข้อง (บาท)	923,750	364,350	559,400
ระยะเวลาคืนทุน	-	-	3.7 เดือน

4.2.3 ผลการวิจัย

จากการวิจัยในการพัฒนา COFA ให้มีการแบ่งระดับความสำคัญของชิ้นส่วน มากขึ้นจาก 4 ประเภทเป็น 16 ประเภท ดังตารางที่ 3.5 นั้นจะเห็นได้ว่า ในการวิเคราะห์แบบ COFA นั้น จะมีชิ้นส่วนที่เป็น Critical ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญและต้องมีการดูแลเป็นพิเศษ เป็นจำนวน 62 หัวข้อ การบำรุงรักษา และเมื่อมีการวิเคราะห์ด้วย COFA+ จะเห็นได้ว่าชิ้นส่วนที่มีประเภทความสำคัญ Aa และต้องมีการดูแลเป็นพิเศษเป็นจำนวน 23 หัวข้อการบำรุงรักษา เนื่องจากชิ้นส่วนอื่นๆ สามารถที่จะตรวจสอบสภาพก่อนที่จะเกิดการขัดข้องได้

จากวิเคราะห์ด้วย COFA+ ในระยะเวลา 6 เดือน สามารถลดอัตราการขัดข้องของ เครื่องจักรลงได้จาก ร้อยละ 0.59 เหลือเพียง ร้อยละ 0.27 ดังตารางที่ 4.5 และสามารถลดต้นทุน ด้านค่าแรงงาน ค่าเสียโอกาส เป็นจำนวนเงิน 559,400 บาทต่อ 6 เดือน โดยมีต้นทุนค่าใช้จ่าย เป็นจำนวนเงิน 344,500 บาท และมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 3.7 เดือน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 บทวิจารณ์

จากการศึกษาทฤษฎีต่างๆ ด้านการบำรุงรักษาล้วนแล้วแต่มีเป้าหมายเดียวกันทั้งสิ้นคือการป้องกันการเกิดการขัดข้องของเครื่องจักรขณะทำการผลิต ทฤษฎี RCM ก็เช่นกันเป็นการมุ่งเน้นความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรด้วยการบำรุงรักษาที่เหมาะสมกับชิ้นส่วนเครื่องจักรทุกชิ้น ซึ่ง RCM เป็นหนึ่งในกลยุทธ์การบำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีความน่าเชื่อถือเพิ่มมากขึ้น หนึ่งในกระบวนการที่สำคัญของ RCM คือการจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนทั้งหมดที่มีอยู่ในเครื่องจักร ซึ่งส่วนมากจะนิยมใช้ FMEA เป็นเครื่องมือการประเมินลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนต่างๆ แต่เนื่องจาก FMEA เป็นเครื่องมือที่ใช้ข้อมูลด้านสถิติเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะอย่างยิ่ง โอกาสการเกิดการขัดข้อง เพราะฉะนั้น การเก็บประวัติของเครื่องจักร ความถูกต้องของข้อมูล จึงมีส่วนสำคัญของการวิเคราะห์ FMEA เป็นอย่างมาก

อย่างไรก็ตาม FMEA จึงมีข้อจำกัดด้านเครื่องจักรใหม่ที่ยังไม่มีประวัติการขัดข้องมาเพียงพอที่จะเป็นข้อมูลทางสถิติ จึงไม่สามารถใช้ FMEA เพื่อวิเคราะห์ เพื่อประยุกต์ใช้ RCM ในเครื่องจักรดังกล่าว อีกทั้ง FMEA ยังไม่มีมาตรฐานเรื่อง คะแนน RPN อย่างชัดเจนในการระบุถึงการทำกิจกรรมกับชิ้นส่วนที่มีคะแนน RPN ตั้งแต่เท่าไรจึงสมควรที่จะนำมาปรับปรุงแก้ไข

COFA เป็นหลักการวิเคราะห์ที่ไม่มีความซับซ้อนด้านข้อมูลเมื่อเทียบกับ FMEA มีกระบวนการตัดสินใจที่ชัดเจนในการคัดเลือกชิ้นส่วนเครื่องจักร เพื่อการปรับปรุงให้มีความน่าเชื่อถือเพิ่มมากขึ้น และง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานกับเครื่องหลากหลายประเภท

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเสนอ COFA+ สำหรับ RCM เพื่อจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนโดยใช้การวิเคราะห์ผ่านกระบวนการ RCM COFA Logic Tree โดยผสมผสานกับวิธีการตรวจจับความขัดข้องของเครื่องจักรร่วมกับ COFA เพื่อเพิ่มความหลากหลายของประเภทชิ้นส่วนให้มีความเหมาะสมกับชิ้นส่วนเครื่องจักรมากยิ่งขึ้น

สุดท้ายได้นำเสนอการสรุปการคัดเลือกโปรแกรมการบำรุงรักษา ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งได้กำหนดโปรแกรมการบำรุงรักษาเป็น 5 โปรแกรมสำหรับ COFA+ 16 ระดับ โดยนำเสนอเป็น Flow Chart และนำมาสรุปสำหรับโปรแกรมการบำรุงรักษาชิ้นส่วนเครื่องจักรตามหลักการของ COFA+ ดังตารางที่ 3.6

5.2 สรุปเนื้อหาที่สำคัญ

จากการศึกษาและประสบการณ์ของผู้วิจัยพบว่า การแบ่งประเภทชิ้นส่วนตามหลักการของ COFA นั้น ยังเป็นการแบ่งประเภทของชิ้นส่วนในแต่ละประเภทเพื่อค้นหา หรือคัดเลือกโปรแกรมการซ่อมบำรุงที่กว้างเกินไปหรือไม่ละเอียดเพียงพอ เนื่องจากการวิเคราะห์ความรุนแรงหรือความวิกฤติเพียงอย่างเดียวเท่านั้นแต่เนื่องจากชิ้นส่วนเครื่องจักรแต่ละชิ้นส่วนนั้นมีวิธีการตรวจจับที่แตกต่างกัน คือ ไม่สามารถตรวจจับได้ ตรวจจับได้ด้วยประสาทสัมผัส ตรวจจับได้ด้วยเครื่องมือ และตรวจจับได้ตลอดเวลา ซึ่งการตรวจจับเป็นสิ่งสำคัญที่อีกหัวข้อประเมินหนึ่งจะบ่งบอกแยกแยะประเภทการบำรุงรักษาได้ดี ดังนั้นการประเมินประเภทความสำคัญโดยการเพิ่มหัวข้อการประเมินด้วยวิธีการตรวจจับความขัดข้องจึงเป็นสิ่งที่จะสามารถเพิ่มประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนได้เป็นอย่างดี

ซึ่งจากงานวิจัยจะเห็นได้ว่าผู้วิจัยได้สรุป ประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนได้เพิ่มมากขึ้นจาก 4 ประเภทคือ Critical, Potential Critical, Economic, RTF เป็น 16 ประเภทโดยการนำวิธีการตรวจจับความขัดข้องมาลดระดับความสำคัญลงตามวิธีการตรวจจับคือ ไม่สามารถตรวจจับได้ ตรวจจับได้ด้วยประสาทสัมผัส ตรวจจับได้ด้วยเครื่องมือ และตรวจจับได้ตลอดเวลา ซึ่งหากวิธีการตรวจจับดีมีความน่าเชื่อถือสูง ชิ้นส่วนเหล่านั้นก็จะ ถูกลดประเภทระดับความสำคัญลง เนื่องจากเป็นชิ้นส่วนที่สามารถควบคุมดูแลได้เป็นอย่างดีสามารถรับรู้ถึงแนวโน้มการชำรุดได้เป็นอย่างดี

สำหรับชิ้นส่วนที่ไม่สามารถตรวจจับความขัดข้องหรือความผิดปกติได้นั้น ย่อมจะเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญสูงสุดโดยเฉพาะชิ้นส่วนที่เป็นประเภท Critical และไม่สามารถที่จะตรวจจับความขัดข้องได้ (ชิ้นส่วนระดับ Aa) นั้น ย่อมเป็นประเภทที่ต้องดูแลเป็นพิเศษรวมถึงการหาโปรแกรม หรือ กิจกรรมเข้ามาปรับปรุงชิ้นส่วน ระดับนี้เพิ่มมากขึ้นเช่น ปรับปรุงการตรวจจับ ค้นหาอายุการใช้งาน ชิ้นส่วน หรือออกแบบชิ้นส่วนใหม่ ซึ่งชิ้นส่วนเหล่านี้ส่วนใหญ่จะเป็นประเภทไฟฟ้า หรือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากชิ้นส่วนไฟฟ้า หรือ อิเล็กทรอนิกส์ นี้ไม่สามารถที่จะตรวจสอบหาแนวโน้มความขัดข้องใดๆ ได้ ซึ่งในกรณีนี้ กิจกรรมการบำรุงรักษาที่สำคัญก็คือ การค้นหาอายุการใช้งานที่เหมาะสม และวางแผนเปลี่ยนอุปกรณ์นั้นๆ ก่อนที่จะเกิดการขัดข้องซึ่งสรุปได้ดังตารางที่ 3.5

การคัดเลือกโปรแกรมการบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้กับแต่ละชิ้นส่วนอย่างสมเหตุสมผลเป็นเป้าหมายหลักของ RCM ที่จะเป็นสิ่งที่ทำให้ความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรสูงขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์การเลือกโปรแกรมการบำรุงรักษาด้วย Maintenance Program Selection และเพิ่มเติมกิจกรรมการบำรุงรักษาให้กับชิ้นส่วนที่เป็น Critical ให้มากขึ้น การคัดเลือกโปรแกรมการบำรุงรักษาจะพิจารณาจาก 2 หัวข้อประเมินหลัก คือ ความวิกฤติ และการวิธีการตรวจจับ ซึ่งวิธีการตรวจจับของแต่ละชิ้นส่วนเป็นสิ่งสำคัญของการบอกถึงโปรแกรมการบำรุงรักษา เพื่อให้ง่ายต่อการนำหลักการ COFA+ ไปใช้งานผู้วิจัยได้สรุปประเภทความสำคัญของชิ้นส่วนต่างๆ กับประเภทของการบำรุงรักษาดังตารางที่ 3.6 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าหลังจากที่วิเคราะห์ด้วย COFA+ เรียบร้อยแล้วจะได้ประเภทระดับ

ความสำคัญ เป็นระดับต่างๆ จากนั้นสามารถนำมาเปรียบเทียบเพื่อกำหนดโปรแกรมการบำรุงรักษาตามหลักของ COFA+ ดังตารางที่ 3.6

5.3 ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัย

5.3.1 ด้านการนำไปประยุกต์ใช้

การประยุกต์ใช้ COFA+ กับเครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์สำหรับกระบวนการพ่นสีรถยนต์ในอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ ซึ่งเป็นที่ทราบกันว่าอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์นั้นเป็นการผลิตแบบทีละชิ้น (One Piece Flow) ซึ่งเครื่องจักรส่วนใหญ่จะมีความสำคัญต่อกระบวนการผลิตเป็นอย่างมากเนื่องจากหากเครื่องจักรเครื่องใดเครื่องหนึ่งเกิดการขัดข้อง จะส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตทันที ดังนั้นความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรจึงเป็นสิ่งที่สำคัญต่อกระบวนการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์ จากการนำ COFA+ มาประยุกต์ใช้กับเครื่องขนถ่ายแบบลิฟท์นั้น โดยได้เริ่มเก็บข้อมูล ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม - ธันวาคม 2556 และมีการวัดและประเมินผลระหว่าง พฤษภาคม-ตุลาคม 2557 หลังจากที่ได้นำ COFA+ ไปประยุกต์ใช้และวิเคราะห์เพื่อกำหนดแผนการบำรุงรักษา รวมทั้งการเพิ่มหัวข้อการบำรุงรักษาที่สำคัญจากเดิม 35 หัวข้อเป็น 87 หัวข้อการบำรุงรักษาและผลการวิจัยพบว่า การเพิ่มหัวข้อการบำรุงรักษาที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย COFA+ นั้นสามารถลดเวลาการขัดข้องลงได้ 19.6 นาที ลดจำนวนครั้งการขัดข้องลงได้ 8 ครั้ง เพิ่มเวลา MTBF จาก 167.2 ชั่วโมง เป็น 373.26 ชั่วโมง เพิ่มขึ้น 206.06 ชั่วโมง คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 123.24 (ตารางที่ 4.5)

5.3.2 ด้านการวางแผนการจัดการด้านการบำรุงรักษา

COFA+ ได้ช่วยให้การวิเคราะห์ การกำหนดหัวข้อ และแยกประเภทการบำรุงรักษารับขึ้นส่วนเครื่องจักรได้เหมาะสมมากยิ่งขึ้นทำให้มีรูปแบบการวิเคราะห์ที่ง่ายต่อการเข้าใจ และมีรูปแบบการกำหนดหัวข้อที่ชัดเจนจากเดิมที่มีการกำหนดหัวข้อ และแผนการบำรุงรักษาโดยใช้ประสบการณ์จากผู้ดูแลเครื่องจักรนั้นทำให้การวางแผนการบำรุงรักษายังไม่ครอบคลุมทุกชิ้นส่วน ซึ่งแผนการบำรุงรักษาแบบเดิมนั้นได้วางแผนมาตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2549 โดยยังไม่ได้มีการปรับปรุงแก้ไขแผนการบำรุงรักษามาเป็นเวลา 8 ปี

ดังนั้น COFA+ ถือเป็นแนวทางการวิเคราะห์เครื่องจักรที่ดีและสามารถนำมาใช้ร่วมกับการวางแผนการบำรุงรักษาได้เป็นอย่างดีเพื่อให้การวางแผนการบำรุงรักษามีความถูกต้องและเหมาะสมกับชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องจักร

5.3.3 ด้านทักษะพนักงาน

จากหลักการของ RCM COFA+ ขั้นตอนการแจกแจงรายละเอียดทุกชิ้นส่วนเครื่องจักร จะเห็นได้ว่าทำให้พนักงานได้มีความรู้ในรายละเอียดของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์มากขึ้น เนื่องจากบางชิ้นส่วนพนักงานส่วนใหญ่มองข้ามความสำคัญและขาดการบำรุงรักษาที่ถูกวิธีซึ่งบางชิ้นส่วนพนักงานยังไม่สามารถจดจำ หรือรู้จักชื่อชิ้นส่วนบางชิ้นส่วน

ดังนั้นการแจกแจงชิ้นส่วนรวมทั้งสาเหตุและผลกระทบจากการขัดข้องนั้น จึงมีส่วนช่วยให้พนักงานผู้ดูแลเครื่องจักรนั้นสามารถเข้าใจถึงสาเหตุของการเกิดการขัดข้องได้อย่างถูกต้อง จึงทำให้พนักงานผู้ดูแลเครื่องจักรสามารถที่จะซ่อมเครื่องจักรได้ถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.3.4 ด้านค่าใช้จ่าย

จากการวิเคราะห์ด้วย COFA+ ทำให้สามารถลดการค่าใช้จ่ายเมื่อเกิดการขัดข้องและค่าเสียโอกาสทางการผลิต โดยทั่วไปการปรับปรุงเครื่องจักรให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นนั้น จะมีค่าใช้จ่ายด้านการปรับปรุง ซ่อมแซม หรือซ่อมใหญ่ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงระยะเวลาต้นทุนเป็นหลัก

5.3.5 ด้านเครื่องจักรใหม่

COFA+ เป็นการวิเคราะห์ที่ง่ายและไม่ซับซ้อนซึ่งเหมาะสำหรับเครื่องจักรใหม่ที่ยังไม่มีประวัติการขัดข้อง หรือเครื่องจักรที่ไม่มีการเก็บข้อมูลประวัติการขัดข้อง เนื่องจากการวิเคราะห์ด้วย COFA+ นั้น การวิเคราะห์โดยใช้ Logic Tree ซึ่งไม่ต้องการข้อมูลทางสถิติมาทำการวิเคราะห์ ทำให้สามารถวางแผนการบำรุงรักษาให้กับเครื่องจักรเหล่านี้ได้อย่างเหมาะสม

5.3.6 ด้านวิชาการ

ในด้านวิชาการผู้วิจัยได้ นำเสนอ COFA+ ซึ่งเป็นหลักการใหม่บนพื้นฐาน COFA และ RCM ซึ่งอาจจะเป็นแนวคิดที่สามารถประยุกต์ใช้ หรือต่อยอดได้ ควบคู่กับหลักทฤษฎีอื่นๆ เช่น FMEA, AHP หรือ TPM เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ในทางวิชาการ

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. การบำรุงรักษาตามสภาพนั้นควรกำหนดวิธีการประเมินสภาพของชิ้นส่วนให้ชัดเจนถึงเกณฑ์และวิธีการประเมินเนื่องจากบางชิ้นส่วนสามารถประเมินสภาพได้ด้วยประสาทสัมผัส
2. การบำรุงรักษาตามเวลานอกจากการวิเคราะห์ด้วยการตรวจจับแล้วควรศึกษาจากคู่มือเป็นหลัก

3. การเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลนั้นควรเป็นข้อมูลจำนวนครั้งการขัดข้อง และควรเป็นเครื่องจักรที่อยู่ในช่วง Stable และ Wear Region ตามหลัก Bathtub Curve เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรและเครื่องจักรสามารถขัดข้องจากการบำรุงรักษาผิดพลาดได้
4. การวิเคราะห์ สาเหตุและผลกระทบการขัดข้องต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ด้านเครื่องจักรนั้นๆ โดยเฉพาะ ซึ่ง Potential Critical จะเป็นชิ้นส่วนที่ยากที่สุดของการวิเคราะห์
5. การแบ่งประเภทของการตรวจจับด้วยประสาทสัมผัสอาจเป็นการการตรวจจับด้วยเครื่องมือได้ถ้าสามารถกำหนดเกณฑ์การประเมินสภาพด้วยตัวเลขได้หรือกำหนดเป็นมาตรฐานเดียวกันได้สำหรับผู้ตรวจสอบ



TNI



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- [1] โกศล ดีศีลธรรม, *การจัดการบำรุงรักษาสำหรับงานอุตสาหกรรม*, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ด ยูเคชั่น, 2547.
- [2] กาญจนา จิตรจุน, “การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือกรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (อุตสาหกรรม), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2550.
- [3] ทวิข คำสัตย์ และประจวบ กล่อมจิตร, “การประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือสำหรับเครื่องจักรด้านสิ่งทอ,” *การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ครั้งที่ 9, OR-CRN*, กรุงเทพฯ, 6-7 กันยายน 2555.
- [4] อัสวเทวินทร์ สิทธิเหรียญชัย, “การศึกษาการบำรุงรักษาบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ (Reliability Centered Maintenance) : กรณีศึกษา เครื่องลำชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมระบบปรับอากาศรถยนต์,” วิทยานิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการอุตสาหกรรม), สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพฯ, 2555.
- [5] N.B. Bloom, *Reliability-Centered Maintenance (RCM) Implementation Made Simple*, New York : McGraw-Hill Inc., 2005.
- [6] G. Dini, “Planning long term maintenance for electric vehicle charging infrastructure through the reliability centered maintenance method,” University di Pisa, Italy, 2010.
- [7] สมภพ ตลับแก้ว, “การบำรุงรักษาเครื่องจักรกลบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ,” *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, vol. 17, no.1, pp. 72-75, มกราคม-เมษายน 2550.
- [8] National Aeronautics and Space Administration, *NASA Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment*, Washington DC, 2008.
- [9] G. Niu et al. “Condition based maintenance system by data fusion and Reliability-Centered Maintenance,” *Journal of Reliability Engineering an System Safety*, vol. 40, no.6, pp. 1-2, May 2010.
- [10] วัฒนา เชียงกุล และเกรียงไกร ดำรงรัตน์, *บำรุงรักษา : งานเพิ่มกำไร*, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2546.

- [11] พิเชษฐ์ แก้วไทรท้วม และประจวบ กล่อมจิตร, “การประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาด้วยทฤษฎีความน่าเชื่อถือเพื่อลดเวลาสูญเสียในการผลิตกรณีศึกษาโรงงานผลิตกระดาษ,” *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยกรุงเทพ*, กรุงเทพฯ, 25 มีนาคม 2554.
- [12] เดชวิทย์ หิริสัจจะ และคณะ, “การปรับปรุงระบบการประเมินความสำคัญของอุปกรณ์เพื่อการซ่อมบำรุงในบริษัทคลังน้ำมัน,” *การประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม*, เพชรบุรี, 17-19 ตุลาคม 2555.
- [13] สมศักดิ์ สัมฤทธิ์ และคณะ, “การลดเวลาสูญเสียในการผลิตโดยวิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานทฤษฎีความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษาอุตสาหกรรมคอนกรีต,” *วารสารวิจัย มช.*, vol. 16, no.2, pp. 145-158, กรุงเทพฯ, 2554.
- [14] *Machine Manual Document*, Tsubaki Company, Japan, 2006.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
ตารางการวิเคราะห์ COFA+

TNI

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์ COFA+

ลำดับ ที่	รหัส ชิ้นส่วน	คำอธิบาย ชิ้นส่วน	หน้าที่ ของชิ้นส่วน	ความขัดข้อง ที่อาจเกิดขึ้นได้	อาการขัดข้อง ของชิ้นส่วน	การแจ้งเตือน การขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ เมื่อเกิดการขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ และทรัพย์สิน	ประเภทของ ชิ้นส่วน COFA	ประเภท การตรวจจับ	ระดับประเภท ความสำคัญ COFA+	โปรแกรม การบำรุงรักษา
1	1-1-1	Feeder Motor with Reducer 5.5 kW	ชุดขับเคลื่อน Feeder	ขัดลวดข้อต่อ ลงกราวด์	กระแสสูง	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอย่าง เปลี่ยนตามอายุงาน
		Feeder Motor with Reducer 5.5 kW	ชุดขับเคลื่อน Feeder	เพื่องสีก	เสียงดังขณะ ทำงาน	ไม่มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Potential	Device	Bc	CBM
		Feeder Motor with Reducer 5.5 kW	ชุดขับเคลื่อน Feeder	ลูกปืนแตก	เสียงดังที่ลูกปืน	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Device	Ac	CBM
		Feeder Motor with Reducer 5.5 kW	ชุดขับเคลื่อน Feeder	ผ้าเบรกลึก	เครื่องจักรหยุด เลยตำแหน่ง	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Device	Ac	CBM
2	1-1-2	RS Spocket Feeder	ชุดส่งถ่าย กำลังไปยังโซ่	ฟันเพื่องสีก	มีเสียงดังขณะ ทำงาน	ไม่มี	มอเตอร์ไม่มี แรงขับเคลื่อน	เครื่องจักร ไม่สามารถ ทำการผลิตได้	Potential	Device	Bc	CBM
3	1-1-3	Bearing Feeder	ชุดหมุน RS Spocket	ลูกปืนแตก	เสียงดังที่ลูกปืน	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Device	Ac	CBM
4	1-1-4	RS Chain Feeder	ชุดส่งกำลังจากมอเตอร์ ไปยัง Feeder	โซ่หย่อน	ตำแหน่งหยุด ผิดพลาด	มี	เครื่องจักรหยุด ทำงานทันที	สายการผลิตหยุด	Critical	Device	Ac	CBM
5	1-1-5	Encoder Feeder	ไม่สามารถส่งสัญญาณ ตำแหน่งของ Feeder ได้	Encoder Short Circuit	ไม่มีสัญญาณ ทางไฟฟ้า	มี	เครื่องจักรหยุด ทำงานทันที	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอย่าง เปลี่ยนตามอายุงาน

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์ COFA+ (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส ชิ้นส่วน	คำอธิบาย ชิ้นส่วน	หน้าที่ ของชิ้นส่วน	ความขัดข้อง ที่อาจเกิดขึ้นได้	อาการขัดข้อง ของชิ้นส่วน	การแจ้งเตือน การขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ เมื่อเกิดการขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ และทรัพย์สิน	ประเภทของ ชิ้นส่วน COFA	ประเภท การตรวจจับ	ระดับประเภท ความสำคัญ COFA+	โปรแกรม การบำรุงรักษา
		Encoder Feeder	ไม่สามารถส่งสัญญาณ ตำแหน่งของ Feeder ได้	สายสัญญาณ หลุด ขาด	ไม่มีสัญญาณ ทางไฟฟ้า	มี	เครื่องจักรหยุด ทำงานทันที	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
6	1-1-6	Universal Joint	ส่งผ่านกำลังไปยัง เพื่องขับ	เพื่องลื่น	Feeder ไม่ทำงาน	มี	เครื่องจักรหยุด ทำงานทันที	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
7	1-1-7	Proximity Home Sensor	ตรวจจับตำแหน่ง Home	เซ็นเซอร์ขัดข้อง	Feeder หยุด เลยตำแหน่ง	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอายุงาน เปลี่ยนตามอายุงาน
8	1-2-1	Pusher Dog	ผลัก Pallet	ลื่น	ไม่สามารถผลัก Pallet ได้	มี	ทำให้ Pallet ลื่น ตามไปด้วย	ไม่หยุด สายการผลิต	Potential	Visual	Bb	TBM
9	1-2-2	Dog Pin	จุดหมุนของ Pusher Dog	หลวม คลอน	ลื่น เป็นร่อง	ไม่มี	เครื่องจักรมีการ ทำงานที่ผิดพลาด	สายการผลิต เดิน-หยุด เป็นระยะ	Potential	Visual	Bb	TBM
10	1-2-3	Side Roller Feeder	จุดหมุน Feeder	ลูกปืนแตก	เสียงดังที่ ลูกปืน	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
11	1-2-4	Guid Roller Feeder	ตัวประกอบ Feeder	ลูกปืนแตก	เสียงดังที่ ลูกปืน	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
12	1-2-5	Spring Tension Feeder	รักษาแรงตึงโซ่	สปริงขาด	โซ่หย่อน มาก	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
13	2-1-1	RS Chain Exit Feeder	ส่งถ่ายกำลังจาก Spocket ไปยัง Feeder	โซ่ยืด	โซ่สะดุด ขณะทำงาน	มี	เครื่องจักรหยุด บางจังหวะ	สายการผลิต เดิน-หยุด เป็นระยะ	Critical	Visual	Ac	CBM

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์ COFA+ (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส ชิ้นส่วน	คำอธิบาย ชิ้นส่วน	หน้าที่ ของชิ้นส่วน	ความขัดข้อง ที่อาจเกิดขึ้นได้	อาการขัดข้อง ของชิ้นส่วน	การแจ้งเตือน การขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ เมื่อเกิดการขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ และทรัพย์สิน	ประเภทของ ชิ้นส่วน COFA	ประเภท การตรวจจับ	ระดับประเภท ความสำคัญ COFA+	โปรแกรม การบำรุงรักษา
14	2-1-2	Roller Exit Feeder	ตัวประกอบ Exit Feeder	ลูกปืนแตก	เสียงดังที่ ลูกปืน	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
15	2-1-3	Pusher Dog Exit Feeder	ผลึก Pallet	สึก	ผลึกตัน Pallet ไม่ได้	มี	เครื่องจักรหยุด บางจังหวะ	ไม่หยุด สายการผลิต	Potential	Visual	Bb	TBM
16	2-1-4	Return Feeder Motor with Reducer	ชุดขับเคลื่อน Return Feeder	ขดลวดช็อต ลิ่งกราวด์	กระแสดสูง	ไม่มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Aa	ค้นหาอายุงาน เปลี่ยนตามอายุงาน
		Return Feeder Motor with Reducer	ชุดขับเคลื่อน Return Feeder	เฟืองสึก	มีเสียงดัง ขณะทำงาน	มี	เครื่องจักรขัดตัว	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ac	CBM
		Return Feeder Motor with Reducer	ชุดขับเคลื่อน Return Feeder	ลูกปืนแตก	เสียงดัง ที่ลูกปืน	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ac	CBM
		Return Feeder Motor with Reducer	ชุดขับเคลื่อน Return Feeder	ผ้าเบรกลึก	เครื่องจักรหยุด เลยตำแหน่ง	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ac	CBM
17	2-1-5	RS Spocket Exit Feeder	ส่งกำลังจาก Spocket ไปยัง Return Feeder	เฟืองสึก	มีเสียงดัง ขณะทำงาน	มี	เครื่องจักรไม่หยุด ทันทีทันใด	ไม่หยุด สายการผลิต	Potential	Device	Bc	CBM
18	2-1-6	Bearing Unit Exit Feeder	จุดหมุนของ Exit Feeder	ลูกปืนแตก	เสียงดังที่ลูกปืน	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Device	Ac	CBM

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์ COFA+ (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส ชิ้นส่วน	คำอธิบาย ชิ้นส่วน	หน้าที่ ของชิ้นส่วน	ความขัดข้อง ที่อาจเกิดขึ้นได้	อาการขัดข้อง ของชิ้นส่วน	การแจ้งเตือน การขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ เมื่อเกิดการขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ และทรัพย์สิน	ประเภทของ ชิ้นส่วน COFA	ประเภท การตรวจจับ	ระดับประเภท ความสำคัญ COFA+	โปรแกรม การบำรุงรักษา
19	2-1-7	Encoder Exit Feeder	ตรวจจับตำแหน่ง Exit Feeder	Encoder ชี้อต	ส่งสัญญาณ ตำแหน่ง ผิดพลาด	มีทางอ้อม	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอายุงาน เปลี่ยนตามอายุงาน
		Encoder Exit Feeder	ตรวจจับตำแหน่ง Exit Feeder	สายสัญญาณ หลุด ขาด	ไม่มี	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
20	3-1-1	Friction Motor with Reducer	ชุดขับเคลื่อน Pallet	ชุดลวดข้อต่อ ลงกรวาร์ด	กระแสดัง	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	As	ค้นหาอายุงาน เปลี่ยนตามอายุงาน
		Friction Motor with Reducer	ชุดขับเคลื่อน Pallet	เพื่องสีก	มีเสียงดัง ขณะทำงาน	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
		Friction Motor with Reducer	ชุดขับเคลื่อน Pallet	ลูกปืนแตก	เสียงดัง ที่ลูกปืน	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
21	3-1-2	Bearing Unit Friction	ชุดหมุนของ Friction Roller	ลูกปืนแตก	เสียงดัง ที่ลูกปืน	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
22	3-1-3	Friction Roller	เป็นวงล้อในการ ผลัก Pallet	สึกหรอ	หมุนขับเคลื่อน รถได้ช้าลง	มี	รอบการทำงาน นานขึ้น	ไม่หยุด สายการผลิต	Potential	Device	Bc	CBM
23	3-1-4	Compresses Spring Friction	รับแรงกดของ Pallet	สปริงแตก หัก	ล้อ Friction ไม่สามารถ ผลักรถได้	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
24	3-1-5	Stoper Spring Friction	ป้องกัน Spring หลุด	แตกหัก	ล้อ Friction ไม่สามารถ ผลักรถได้	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์ COFA+ (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส ชิ้นส่วน	คำอธิบาย ชิ้นส่วน	หน้าที่ ของชิ้นส่วน	ความขัดข้อง ที่อาจเกิดขึ้นได้	อาการขัดข้อง ของชิ้นส่วน	การแจ้งเตือน การขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ เมื่อเกิดการขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ และทรัพย์สิน	ประเภทของ ชิ้นส่วน COFA	ประเภท การตรวจจับ	ระดับประเภท ความสำคัญ COFA+	โปรแกรม การบำรุงรักษา
25	4-1-1	Lifter Motor with Cyclo Reducer 15 kW	ขับเคลื่อน Lifter	ขดลวดช็อต ลงกราวด์	กระแสสูง	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอย่าง เปลี่ยนตามอายุงาน
		Lifter Motor with Cyclo Reducer 15 kW	ขับเคลื่อน Lifter	เฟืองสึก	มีเสียงดัง ขณะทำงาน	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Device	Ac	CBM
		Lifter Motor with Cyclo Reducer 15 kW	ขับเคลื่อน Lifter	ลูกปืนแตก	เสียงดังที่ลูกปืน	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Device	Ac	CBM
		Lifter Motor with Cyclo Reducer 15 kW	ขับเคลื่อน Lifter	ผ้าเบรกลึก	เครื่องจักรหยุด เลยตำแหน่ง	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Device	Ac	CBM
26	4-1-2	RS Chain Spocker ไปยัง Up-Down Lifter	ส่งกำลังจาก Spocker ไปยัง Lifter	โซ่ยืด	โซ่สะบัด ขณะทำงาน	มี	เครื่องจักรหยุด บางจังหวะ	สายการผลิต เดิน-หยุด เป็นระยะ	Critical	Real-Time	Ad	CBM
27	4-1-3	Gear Coupling Up-Down	เชื่อมโยงเพลามอเตอร์ กับเพล่า Spocker	เฟืองสึก	มีเสียงดัง ขณะทำงาน	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
		Gear Coupling Up-Down	เชื่อมโยงเพลามอเตอร์ กับเพล่า Spocker	ลิ่มสึก	Coupling หลวม	มี	เครื่องจักรหยุด บางจังหวะ	สายการผลิต เดิน-หยุด เป็นระยะ	Critical	Visual	Ab	TBM
28	4-1-4	Rs Spocket Up-Down	ชุดส่งกำลังจาก Motor ไปยังโซ่	เฟืองสึก	มีเสียงดัง ขณะทำงาน	มี	เครื่องจักรไม่หยุด ทันทีทันใด	ไม่หยุด สายการผลิต	Potential	Device	Bc	CBM

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์ COFA+ (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส ชิ้นส่วน	คำอธิบาย ชิ้นส่วน	หน้าที่ ของชิ้นส่วน	ความขัดข้อง ที่อาจเกิดขึ้นได้	อาการขัดข้อง ของชิ้นส่วน	การแจ้งเตือน การขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ เมื่อเกิดการขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ และทรัพย์สิน	ประเภทของ ชิ้นส่วน COFA	ประเภท การตรวจจับ	ระดับประเภท ความสำคัญ COFA+	โปรแกรม การบำรุงรักษา
29	4-1-5	Encoder Up-Down	ตรวจจับตำแหน่ง Lifter	Encoder ชี้อต	ส่งสัญญาณ ตำแหน่ง ผิดพลาด	มีทางอ้อม	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอายุงาน เปลี่ยนตามอายุงาน
		Encoder Up-Down	ตรวจจับตำแหน่ง Lifter	สายสัญญาณ หลุด ขาด	ไม่มี	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Ab	TBM
30	4-1-6	Bearing Unit Up-Down	จุดหมุน Spocket	ลูกปืนแตก	เสียงดังที่ลูกปืน	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Device	Ac	CBM
31	4-2-1	Guid Roller Up-Down	ประกอบเคลื่อนที่ ขึ้น-ลง	ลูกปืนแตก	เสียงดังที่ลูกปืน	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
32	4-2-2	Lifter Fix Position & Over Run Striker Lifter	ป้องกันการเคลื่อนที่ เลยตำแหน่งมาก เกินไป	แตกหัก	ร้าว	ไม่มี	ไม่มีผลกระทบ	ไม่หยุด สายการผลิต	RTF	Visual	Db	CBM
33	4-2-3	Spring Lifter	รักษาแรงตึงโซ่	สปริงขาด	โซ่หย่อนมาก	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	AB	TBM
34	4-2-4	Rail Lifter	ประกอบเคลื่อนที่ ขึ้น-ลง	สึกหรอ	ไม่มี	ไม่มี	เครื่องจักรรับโหลด มากขึ้นบางชิ้นส่วน	ไม่หยุด สายการผลิต	Potential	Device	Bc	CBM
35	4-2-5	Anti Back Lifter	ป้องกันการถอยหลัง ของ Pallet	หักชำรุด	Pallet หยุด แล้วถอยหลัง กลับ	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
36	4-2-6	Pallet Detect Sensor	ตรวจสอบตำแหน่ง Pallet บน Lifter	เซ็นเซอร์ช็อต	ตรวจจับ ตำแหน่ง Pallet ไม่ได้	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอายุงาน เปลี่ยนตามอายุงาน

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์ COFA+ (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส ชิ้นส่วน	คำอธิบาย ชิ้นส่วน	หน้าที่ ของชิ้นส่วน	ความขัดข้อง ที่อาจเกิดขึ้นได้	อาการขัดข้อง ของชิ้นส่วน	การแจ้งเตือน การขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ เมื่อเกิดการขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ และทรัพย์สิน	ประเภทของ ชิ้นส่วน COFA	ประเภท การตรวจจับ	ระดับประเภท ความสำคัญ COFA+	โปรแกรม การบำรุงรักษา
37	4-2-7	Door Open Sensor	ตรวจสอบประตูรถ เปิดที่ผิดปกติ	เซ็นเซอร์ขัด	ตรวจจับ ประตูรถ ได้ตลอดเวลา	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอายุงาน เปลี่ยนตามอายุงาน
38	4-2-8	Anti Back Sensor	ตรวจสอบการทำงานของ Anti Back	เซ็นเซอร์ขัด	ตรวจจับ ตำแหน่ง Anti Back ไม่ได้	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอายุงาน เปลี่ยนตามอายุงาน
39	4-2-9	Pallet	รองรับ Subattachment ในกระบวนการผลิต	สีก โกง	เซ็นเซอร์ ตรวจจับ Pallet ไม่ได้ ในทุกๆ จุด	ไม่มี	รอบการทำงาน นานขึ้น	ไม่หยุด สายการผลิต	Potential	Visual	Bb	TBM
40	4-2-10	Sub Attachment	รองรับรถใน กระบวนการผลิต	สีก โกง	เซ็นเซอร์ ตรวจจับ Pallet ไม่ได้ ในทุกๆ จุด	ไม่มี	รอบการทำงาน นานขึ้น	ไม่หยุด สายการผลิต	Potential	Visual	Bb	TBM
41	4-2-11	Top Deck RS Spocket	ชุดส่งกำลังจาก Motor ไปยังโซ่	เฟืองสึก	เสียงดัง ขณะทำงาน	มี	เครื่องจักรไม่หยุด ทันทีทันใด	ไม่หยุด สายการผลิต	Potential	Device	Bc	CBM
42	4-3-1	Chain Break Proximity Sensor	ตรวจจับโซ่ขาด	เซ็นเซอร์ขัด	ไม่มี	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอายุงาน เปลี่ยนตามอายุงาน
43	4-3-2	Uper End Stoper	ป้องกันการหยุด เลยตำแหน่งขณะ เคลื่อนที่ขึ้น	แตกหัก	รอยร้าว	ไม่มี	ไม่มี	ไม่หยุด สายการผลิต	RTF	Visual	Db	RTF

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์ COFA+ (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส ชิ้นส่วน	คำอธิบาย ชิ้นส่วน	หน้าที่ ของชิ้นส่วน	ความขัดข้อง ที่อาจเกิดขึ้นได้	อาการขัดข้อง ของชิ้นส่วน	การแจ้งเตือน การขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ เมื่อเกิดการขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ และทรัพย์สิน	ประเภทของ ชิ้นส่วน COFA	ประเภท การตรวจจับ	ระดับประเภท ความสำคัญ COFA+	โปรแกรม การบำรุงรักษา
44	4-3-3	Lower End Stoper	ป้องกันการหยุด เลยตำแหน่งขณะ เคลื่อนที่ลง	แตกหัก	รอยร้าว	ไม่มี	ไม่มี	ไม่หยุด สายการผลิต	RTF	Visual	Db	RTF
45	4-3-4	Proximity Uper End Sensor	ตรวจจับตำแหน่ง หยุดการเคลื่อนที่ขึ้น	เซ็นเซอร์ช็อต	Feeder หยุดเลย ตำแหน่ง	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอย่าง เปลี่ยนตามอายุงาน
46	4-3-5	Proximity Lower End Sensor	ตรวจจับตำแหน่ง หยุดการเคลื่อนที่ลง	เซ็นเซอร์ช็อต	Feeder หยุดเลย ตำแหน่ง	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอย่าง เปลี่ยนตามอายุงาน
47	4-3-6	Limit Switch Uper Over Run Sensor	ตรวจจับการเคลื่อนที่ ขึ้นเลยตำแหน่งหยุด	เซ็นเซอร์ช็อต	Feeder หยุดเลย ตำแหน่ง	มี	การตรวจจับ การหยุดเลย ตำแหน่งใช้งาน ไม่ได้	ไม่หยุด สายการผลิต	Potential	No Detect	Ba	ปรับปรุงการตรวจจับ
48	4-3-7	Limit Switch Lower Over Run Sensor	ตรวจจับการเคลื่อนที่ ลงเลยตำแหน่งหยุด	เซ็นเซอร์ช็อต	Feeder หยุดเลย ตำแหน่ง	มี	การตรวจจับ การหยุดเลย ตำแหน่งใช้งาน ไม่ได้	ไม่หยุด สายการผลิต	Potential	No Detect	Ba	ปรับปรุงการตรวจจับ
49	4-3-8	Photo Chain Loosen Sensor	ตรวจจับโซ่ยืด	เซ็นเซอร์ช็อต	เซ็นเซอร์ ตรวจจับ โซ่ยืดไม่ได้	มี	การตรวจจับโซ่ยืด ใช้งานไม่ได้	ไม่หยุด สายการผลิต	Potential	No Detect	Ba	ปรับปรุงการตรวจจับ

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์ COFA+ (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส ชิ้นส่วน	คำอธิบาย ชิ้นส่วน	หน้าที่ ของชิ้นส่วน	ความขัดข้อง ที่อาจเกิดขึ้นได้	อาการขัดข้อง ของชิ้นส่วน	การแจ้งเตือน การขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ เมื่อเกิดการขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ และทรัพย์สิน	ประเภทของ ชิ้นส่วน COFA	ประเภท การตรวจจับ	ระดับประเภท ความสำคัญ COFA+	โปรแกรม การบำรุงรักษา
50	4-3-9	Safety Pin	หมุดป้องกันการไหล ของ Lifter ขณะ ซ่อมบำรุง	หักชำรุด	มีรอยร้าว	ไม่มี	ไม่สามารถใช้งานได้	ไม่หยุด สายการผลิต	RTF	Visual	Db	RTF
51	4-3-10	Weight Lifter	เหล็กถ่วงน้ำหนัก Lifter	แตกหัก	รอยร้าว	ไม่มี	มอเตอร์ทำงาน หนักขึ้น	ไม่หยุด สายการผลิต	RTF	Visual	Db	RTF
52	4-4-1	Weight Red Lifter	แกนบรรจุเหล็ก ถ่วงน้ำหนัก	แตกหัก	รอยร้าว	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
53	4-4-2	Weight Guid Roller Up-Down	ประกอบเคลื่อนที่ ขึ้น-ลง ของเหล็ก น้ำหนัก	แตกหัก	มีเสียงดัง ขณะทำงาน	ไม่มี	เครื่องจักรสึกหรอ เพิ่มขึ้น	ไม่หยุด สายการผลิต	Potential	Visual	Bb	TBM
54	5-1-1	Roller Conveyor Motor with Reducer 0.4 kW	ชุดขับเคลื่อน สายพาน แบบลูกกลิ้ง	ขัดลวดข้อต่อ ลงกราวด์	กระแสดูสูง	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอายุงาน เปลี่ยนตามอายุงาน
		Roller Conveyor Motor with Reducer 0.4 kW	ชุดขับเคลื่อน สายพาน แบบลูกกลิ้ง	เพื่องสีก	มีเสียงดัง ขณะทำงาน	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
		Roller Conveyor Motor with Reducer 0.4 kW	ชุดขับเคลื่อน สายพาน แบบลูกกลิ้ง	ลูกปืนแตก	ลูกปืน มีเสียงดัง	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
55	5-1-2	Stell Roller	ลูกกลิ้งขับเคลื่อน รถในกระบวนการผลิต	ลูกปืนแตก	ลูกปืน มีเสียงดัง	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์ COFA+ (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส ชิ้นส่วน	คำอธิบาย ชิ้นส่วน	หน้าที่ ของชิ้นส่วน	ความขัดข้อง ที่อาจเกิดขึ้นได้	อาการขัดข้อง ของชิ้นส่วน	การแจ้งเตือน การขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ เมื่อเกิดการขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ และทรัพย์สิน	ประเภทของ ชิ้นส่วน COFA	ประเภท การตรวจจับ	ระดับประเภท ความสำคัญ COFA+	โปรแกรม การบำรุงรักษา
56	5-1-3	RS Chain Roller	ส่งถ่ายกำลังจาก มอเตอร์ไปยังลูกกลิ้ง	โซ่ยึด	โซ่หย่อน ขณะทำงาน	มี	เครื่องจักรหยุด บางจังหวะ	สายการผลิต เดิน-หยุด เป็นระยะ	Potential	Device	Bc	CBM
57	5-1-4	Proximity Arrive	ตรวจจับตำแหน่ง หยุดของรถ	เซ็นเซอร์ช็อต	หยุดไม่ตรง ตำแหน่ง	มี	เครื่องจักรหยุด บางจังหวะ	สายการผลิต เดิน-หยุด เป็นระยะ	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาจากงาน เปลี่ยนตามอายุงาน
58	5-1-5	Roller Conveyor Fix Position Stoper	กำหนดจุดจอดของรถ	หลวม คลอน	หยุดไม่ตรง ตำแหน่ง	มี	เครื่องจักรหยุด บางจังหวะ	สายการผลิต เดิน-หยุด เป็นระยะ	Potential	Visual	Bb	TBM
59	6-1-1	PLC	หน่วยประมวลผล การทำงานของ เครื่องจักร	ไม่สามารถ ประมวลผลได้	ไม่มี	ไม่มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาจากงาน เปลี่ยนตามอายุงาน
60	6-1-2	Magnetic Break Unit	สะพานไฟการเบรก สำหรับ Lifter	กระแสไฟฟ้า ไม่ผ่านหน้า สัมผัส	มีเขม่าที่ หน้าสัมผัส	ไม่มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
		Magnetic Break Unit	สะพานไฟการเบรก สำหรับ Lifter	หน้าสัมผัส ติดไม่สนิท	สัน มีเสียงดัง	ไม่มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	Visual	Ab	TBM
61	6-1-3	Relay	ตัดต่อวงจรทางไฟฟ้า	หน้าสัมผัส ไม่ทำงาน	ไม่มีกระแส ไฟฟ้าออกจาก หน้าสัมผัส	ไม่มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Ab	TBM

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์ COFA+ (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส ชิ้นส่วน	คำอธิบาย ชิ้นส่วน	หน้าที่ ของชิ้นส่วน	ความขัดข้อง ที่อาจเกิดขึ้นได้	อาการขัดข้อง ของชิ้นส่วน	การแจ้งเตือน การขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ เมื่อเกิดการขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ และทรัพย์สิน	ประเภทของ ชิ้นส่วน COFA	ประเภท การตรวจจับ	ระดับประเภท ความสำคัญ COFA+	โปรแกรม การบำรุงรักษา
62	6-1-4	Transformer	แปลงแรงดันไฟฟ้า 220 V	หม้อแปลงช็อต	ไม่มีกระแส ไฟฟ้าจ่ายให้ อุปกรณ์ไฟฟ้า	ไม่มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอย่าง เปลี่ยนตามอายุงาน
63	6-1-5	Power Supply	แปลงแรงดันไฟฟ้า 24 V	แหล่งจ่าย ไฟฟ้าช็อต	ไม่มีกระแส ไฟฟ้า 24 V จ่ายให้ระบบ ควบคุม	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอย่าง เปลี่ยนตามอายุงาน
64	6-1-6	Touch Panel	ควบคุมและแสดง การทำงานของ เครื่องจักร	CPU ทำงาน ขัดข้อง	ไม่สามารถ เปิดเครื่องได้	ไม่มี	เครื่องจักรทำงานได้	ไม่หยุด สายการผลิต	RTF	No Detect	Da	RTF
65	6-1-7	Smart Cam	ตรวจจับตำแหน่ง Lifter	บอร์ด ประมวลผล ขัดข้อง	ไม่สามารถ ส่งสัญญาณ ตำแหน่งได้	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอย่าง เปลี่ยนตามอายุงาน
66	6-1-8	Inverter	ควบคุมความเร็ว ในการเคลื่อนที่ ของ Lifter	ตัวเก็บประจุ ชำรุด	ตัวเก็บประจุ บวม	มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอย่าง เปลี่ยนตามอายุงาน
67	6-1-9	DRMT	รับ-ส่ง Input/Output ของ PLC	การ์ด อิเล็กทรอนิกส์ ชำรุด	สัญญาณ Input/Output ทั้งหมด ไม่มี	ไม่มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอย่าง เปลี่ยนตามอายุงาน
68	6-1-10	Safety PLC	หน่วยประมวลผล การทำงานของ Safety Device	ไม่สามารถ ประมวลผลได้	ไม่มี	ไม่มี	เครื่องจักรหยุด	สายการผลิตหยุด	Critical	No Detect	Aa	ค้นหาอย่าง เปลี่ยนตามอายุงาน

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์ COFA+ (ต่อ)

ลำดับ ที่	รหัส ชิ้นส่วน	คำอธิบาย ชิ้นส่วน	หน้าที่ ของชิ้นส่วน	ความขัดข้อง ที่อาจเกิดขึ้นได้	อาการขัดข้อง ของชิ้นส่วน	การแจ้งเตือน การขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ เมื่อเกิดการขัดข้อง	ผลกระทบ ต่อระบบ และทรัพย์สิน	ประเภทของ ชิ้นส่วน COFA	ประเภท การตรวจจับ	ระดับประเภท ความสำคัญ COFA+	โปรแกรม การบำรุงรักษา
69	6-1-11	Ventilation Fan	ระบายความร้อน	ขดลวดช็อต	ไม่มี	ไม่มี	เครื่องจักรหยุด	ไม่หยุด สายการผลิต	RTF	No Detect	Da	RTF