การเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาของระบบผลิตน้ำเย็นด้วยระบบการบำรุงรักษาที่มุ่งเน้นความน่าเชื่อถือได้เป็นสำคัญ : กรณีศึกษาระบบผลิตน้ำเย็นสำหรับการขึ้นรูปพลาสติก

Maintenance efficiency improvement for chilled water system by reliability centered maintenance : A case study of chilled water system for plastic injection molding

จันทร์ฑา นาควชิรตระกูล[1*] มาโนช จันทร์ครุฑ[2]
[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี
E-mail: chantran@buu.ac.th*

Chantra Nakvachiratrakul[1*] Manoch Junkrut [2]
[1,2]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University, Chonburi
E-mail: chantran@buu.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการบำรุงรักษาของระบบผลิตน้ำเย็นสำหรับโรงงานกรณีศึกษาในอุตสาหกรรมฉีดพลาสติก เนื่องจากปัญหาการหยุดชะงักของระบบผลิตน้ำเย็นส่งผลทำให้กระบวนการผลิตต้องหยุดทั้งโรงงาน โดยประยุกต์ใช้แนวคิดการบำรุงรักษาที่มุ่งเน้นความเชื่อถือได้เป็นสำคัญ (Reliability Centered Maintenance: RCM) เพื่อกำหนดภารกิจซ่อมบำรุงที่จำเป็นสำหรับแต่ละชิ้นส่วนองค์ประกอบย่อยที่มีอิทธิพลต่อหน้าที่ที่สำคัญของระบบจำนวน 59 ภารกิจ ในขณะที่การออกแบบระบบการซ่อมบำรุงเดิมที่ใช้เพียงประสบการณ์ในการคาดคะเนแผนบำรุงรักษามีรายการบำรุงรักษาเพียง 16 ภารกิจ ถึงแม้ภารกิจบำรุงรักษาตามแผนใหม่ที่มีมากกว่าภารกิจบำรุงรักษาตามแผนเดิม แต่กลับมีความต้องการเวลาการบำรุงรักษาเชิงรุกที่น้อยกว่าเดิมถึง 38.28% รวมถึงผลจากการปรับปรุงระบบควบคุมแรงดันน้ำให้คงที่ในภารกิจการออกแบบใหม่ (Redesign) เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักรอุปกรณ์และประสิทธิภาพโดยรวมของระบบทำน้ำเย็นเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งแสดงด้วยดัชนีวัดประสิทธิภาพประกอบด้วย เวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหาย (Mean time between failure: MTBF) ของระบบผลิตน้ำเย็นเพิ่มขึ้น 141.87% ลดจำนวนครั้งการหยุดชะงักจากระบบท่อส่งน้ำแตกได้ 100% จำนวนครั้งของปัญหาคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปัญหาของระบบทำน้ำเย็นลดลง 43.71% จำนวนครั้งของปัญหาระดับอุณหภูมิน้ำเย็นไม่เป็นไปตามที่กำหนดลดลง 70.37% และสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของระบบส่งน้ำจาก 30,240 บาท เหลือเพียง 21,168 บาทต่อเดือน

คำหลัก: การบำรุงรักษาที่มุ่งเน้นความเชื่อถือได้เป็นสำคัญ(RCM) เวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหาย ประสิทธิภาพ ระบบผลิตน้ำเย็น

Abstract

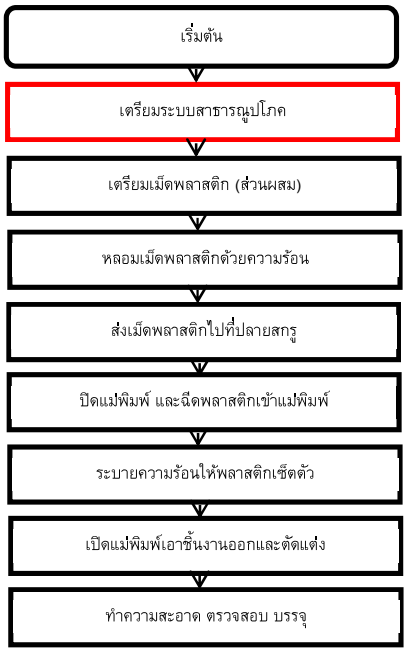
The main objective of this study was to improve the chilled water production system for a factory. It was a case study of a plastic injection industry due to the fact that problems on the failure of chilled water production system could result in the shutdown of the entire factory's production process. This research adopted the concept emphasizing on Reliability Centered Maintenance. It was used to determine 59 necessary maintenance tasks for maintaining each part and component influencing the important functions

of the system. In regard to the conventional practices, there had been 16 tasks used for these maintenance functions. In fact, they had been designed out of the general expectations obtained from the engineers' common experiences. Although the new type of maintenance tasks appeared to be more numbers than the old ones, they only needed 38.28% less time for proactive maintenance tasks than the old ones. Regarding the new tasks, it enhanced water pressure control system in order to be regulated more constantly through use of 'redesign' task**.** As a consequence, it increased the overall efficiency of the chilled water production system up to 141.87%. This was shown through some important measurement indexes of the efficiency e**.**g**.** 'mean time between failure' (MTBF) of the system**.** Besides, it reduced the numbers of chilled water production failures owing to the broken pipe by 100%. At the same time, the 59 mentioned tasks also helped reduce the numbers of the quality problems caused by the chilled water production system failures 43.71% less than the convention practices; while, the numbers of the problems for the chilled water temperature not meeting the set level decreased 70.37% less than before. They lowered cost expense for chilled water production system energy from 30,240 Baht 21,168 Baht per month, as well.

Keywords: Reliability Centered Maintenance (RCM), Mean Time Between Failure (MTBF), Efficiency, Chilled water system

1. บทนำ

โรงงานกรณีศึกษานี้อยู่ในส่วนของอุตสาหกรรมการขึ้นรูปพลาสติกด้วยกระบวนการเป่าและฉีดเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกที่เป็นชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์และบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งในกระบวนการขึ้นรูปดังกล่าว สามารถอธิบายได้พอสังเขปดังรูปที่ 1 กรณีที่ระบบสาธารณูปโภค(Utility) เกิดความล้มเหลวจะส่งผลไปยังกระบวนการผลิตทั้งหมดต้องหยุดการทำงานลงทันที ดังนั้นการนำแนวทางการบำรุงรักษาที่มุ่งเน้นความเชื่อถือได้เป็นสำคัญ(RCM) มาประยุกต์ใช้ในส่วนระบบสาธารณูปโภค ซึ่งเป็นเทคนิคการบำรุงรักษาเชิงรุกตามกระบวนการทางตรรกที่มีความสำคัญมากวิธีหนึ่ง ที่จะช่วยให้กระบวนการผลิตของทั้งโรงงานยังคงมีความเชื่อถือได้ตามองศาของความมุ่งมั่นและหวังผลเลิศขององค์กร ซึ่งจะช่วยปรับปรุงให้กระบวนการผลิตมีความสามารถที่จะผลิตสินค้าได้อย่างต่อเนื่องถึงแม้ว่าเครื่องจักรบางส่วนในสายการผลิตจะเกิดความขัดข้องล้มเหลวก็ตาม ในเบื้องต้นกรณีศึกษานี้ได้มุ่งเน้นไปในส่วนของระบบผลิตและส่งน้ำเย็นเข้าสู่เครื่องจักรในสายการผลิต เนื่องจากระบบผลิตน้ำเย็นเป็นระบบที่มีผลกระทบสืบเนื่องต่อกระบวนการผลิตโดยรวมสูงกว่าระบบอื่นๆ ในขณะที่ระบบผลิตน้ำเย็นมีความเชื่อถือได้ต่ำ มีปัญหาความขัดข้องล้มเหลวที่เกิดจากหลากหลายลักษณะความขัดข้องของชิ้นส่วนองค์ประกอบย่อย รวมทั้งมีปัญหาการออกแบบระบบที่ยังไม่ดีพอ



รูปที่ 1 ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการขึ้นรูปพลาสติก

1.1 วัตถุประสงค์

1) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบผลิตและจ่ายน้ำเย็นของโรงงาน A

2) เพื่อลดจำนวนครั้งการหยุดชะงัก (Breakdown) ของระบบผลิตน้ำเย็นโรงงาน A

3) เพื่อเพิ่มเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหาย

(MTBF) ของระบบผลิตน้ำเย็นโรงงาน A

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ใช้ข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา โดยทำการศึกษาข้อมูลเฉพาะในส่วนของระบบการผลิตน้ำเย็นของโรงงาน A เท่านั้น

2. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กรอบการดำเนินงานตามแนวทางการบำรุงรักษาที่มุ่งเน้นความเชื่อถือได้เป็นสำคัญ (Framework of RCM) [1],[2]

เทคนิคการวิเคราะห์ตามกระบวนการประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่

1) การเลือกระบบและรวบรวมข้อมูลของระบบที่เลือก

2) การกำหนดขอบเขตของระบบที่เลือก

3) การกำหนดรายละเอียดของระบบที่เลือกไว้

4) การกำหนดหน้าที่และความขัดข้องทางหน้าที่

5) การวิเคราะห์ลักษณะความขัดข้องล้มเหลวและผลกระทบของแต่ละรูปแบบความขัดข้องล้มเหลว (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA)

6) การวิเคราะห์แผนผังต้นไม้ตรรก (Logic tree analysis: LTA)

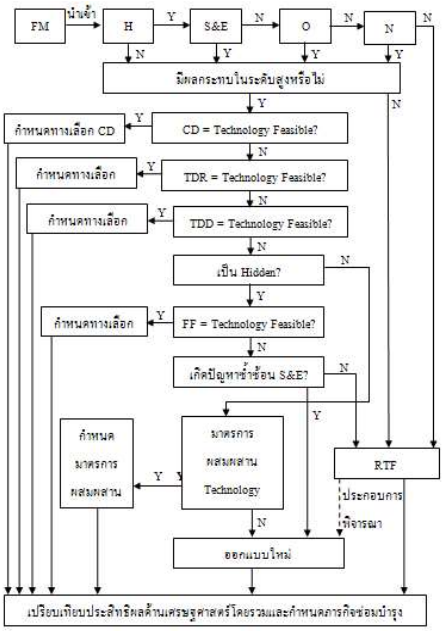
7) กำหนดภารกิจบำรุงรักษา

2.2 กระบวนการวิเคราะห์ลักษณะความขัดข้องล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) [3],[4]

การวิเคราะห์ FMEA ในกระบวนการของ RCM มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกรูปแบบการขัดข้องล้มเหลวที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนหรือระบบที่ส่งผลให้ระบบการผลิตมีความสามารถของกระบวนการลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญเพื่อนำไปวิเคราะห์ในแผนผังต้นไม้ตรรก

2.3 การวิเคราะห์แผนผังต้นไม้ตรรก (LTA)

การพิจารณากิจกรรมการบำรุงรักษาทางเลือกจะได้มาจากการวิเคราะห์ต้นไม้ตรรก ตามรูปที่ 2 โดยมีจุดมุ่งหมาย คือ การประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิคและความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของแต่ละทางเลือกภารกิจบำรุงรักษาสำหรับแต่ละลักษณะความขัดข้องล้มเหลว



รูปที่ 2 โครงสร้างการวิเคราะห์แผนผังต้นไม้ตรรก (LTA) [2],[3]

ความหมายของสัญลักษณ์คำย่อต่างๆ ที่อยู่ภายในโครงสร้างการวิเคราะห์แผนผังต้นไม้ตรรก แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความหมายอักษรย่อที่อยู่ในโครงสร้างการวิเคราะห์แผนผังต้นไม้ตรรก

ลำดับ	สัญลักษณ์	ความหมาย
1	FM	Failure Mode
2	H	เป็นความขัดข้องแฝงเร้น (Hidden failure: H)
3	S&E	สัมพันธ์กับความปลอดภัยหรือสิ่งแวดล้อม (Safety and Environment)
4	O	สัมพันธ์กับสมรรถนะการปฏิบัติการ (Operational: O)
5	N	สัมพันธ์กับเศรษฐศาสตร์งานซ่อมบำรุง (Non-operational consequence)
6	CD	บำรุงรักษาตามสภาพ
7	TDR	ฟื้นฟูสภาพตามแผน
8	TDD	เปลี่ยนอะไหล่ตามเวลา
9	FF	การค้นหาความขัดข้อง (Failure-Finding)
10	RTF	เดินเครื่องจักรจนกระทั่งขัดข้อง" (run-to-failure)
11	Redesign	ออกแบบใหม่

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์แผนผังต้นไม้ตรรกจะนำมาวางแผนการบำรุงรักษา โดยพิจารณาภารกิจบำรุงรักษาที่เป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับแต่ละลักษณะความขัดข้องล้มเหลว โดยเริ่มที่การจัดทำรายการภารกิจบำรุงรักษาทางเลือกที่เป็นไปได้ทาง

เทคนิคแล้วจึงเลือกทางเลือกที่มีประสิทธิผลทางเศรษฐศาสตร์ที่สุด

3. วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยได้ประยุกต์แนวคิดการบำรุงรักษาเชิงรุกตามกรอบการดำเนินงานตามแนวทางการบำรุงรักษาที่มุ่งเน้นความเชื่อถือได้เป็นสำคัญ (RCM) เป็นหลัก ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินการ ดังนี้

3.1 เลือกระบบที่จะพิจารณาและเก็บรวบรวมข้อมูล

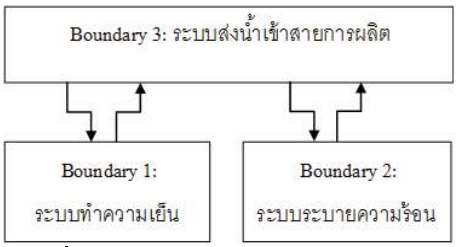
ระบบผลิตน้ำเย็นของโรงงาน A ถูกคัดเลือกมาเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะถูกคัดเลือกก่อนตามข้อแนะนำของกรอบงาน RCM นั่นคือเป็นระบบที่ส่งผลกระทบต่อกิจกรรมหลักขององค์กรสูง [2] โดยผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษากำหนดให้เลือกระบบที่มีผลกระทบต่อความสามารถของกระบวนการผลิตที่ลดต่ำลงมากกว่า 50% และมีปัญหามากกว่าระบบอื่นๆ จึงถูกคัดเลือกมาทบทวนโปรแกรมการบำรุงรักษา โดยข้อมูลปัญหาเบื้องต้นของระบบที่ถูกใช้เป็นดัชนีวัดประสิทธิภาพโดยรวมของระบบทำน้ำเย็นสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำเย็น

ดัชนี	ความถี่	หน่วย
จำนวนครั้งที่เกิดปัญหาคุณภาพเนื่องจากปัญหาของระบบทำน้ำเย็น	5.33	ครั้ง/เดือน
เวลาเฉลี่ยระหว่างความล้มเหลว MTBF/MTTF	2.77	วัน
จำนวนครั้งที่อุณหภูมิของน้ำเย็นมีปัญหาคุณภาพ	6.75	ครั้ง/เดือน
จำนวนครั้งที่แรงดันของน้ำเย็นมีปัญหาคุณภาพ	4.58	ครั้ง/เดือน
จำนวนครั้งที่ท่อน้ำเย็นแตกเสียหาย	3.67	ครั้ง/เดือน

3.2 กำหนดเส้นแบ่งระบบ

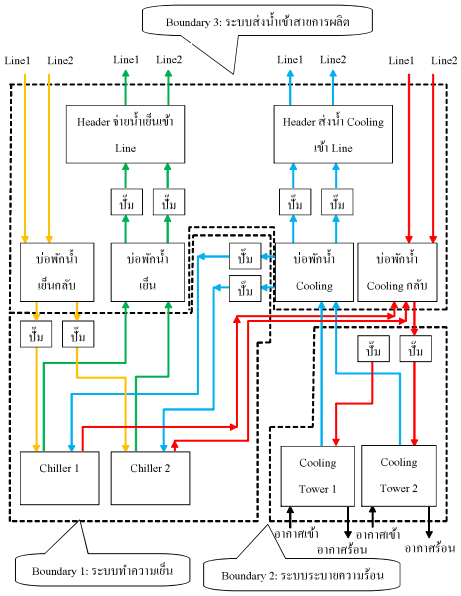
ในระบบผลิตน้ำเย็นสามารถกำหนดเส้นแบ่งระบบได้เป็น 3 ขอบเขต (boundary) ระบบย่อยประกอบด้วย 1) ระบบทำความเย็น 2) ระบบระบายความร้อน และ 3) ระบบส่งน้ำเข้าสายการผลิต แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การกำหนดเส้นแบ่งระบบเป็น 3 ระบบย่อย

3.3 จัดทำรายละเอียดของระบบและแผนผังหน้าที่ของระบบ

การกำหนดรายละเอียดของระบบและแผนผังหน้าที่ของระบบเป็นขั้นตอนการค้นหาและอธิบายรายละเอียดความเชื่อมโยงของการทำงานขององค์ประกอบย่อยที่สำคัญของระบบ [4] ดังรูปที่ 4 แสดงรายละเอียดการไหลของน้ำเข้าออกในแต่ละระบบย่อย



รูปที่ 4 รายละเอียดของน้ำที่ไหลเข้าออกในแต่ละระบบย่อย

โดยรายละเอียดข้อมูลที่สำคัญที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มข้อมูล ดังนี้

1) รายละเอียดของระบบ

2) แผนผังหน้าที่ของระบบ (Function block diagram)

3) จุดเชื่อมเข้า/ออก (IN/OUT interface)

4) โครงสร้างส่วนย่อยของระบบ (System work breakdown: SWBS)

5) บันทึกประวัติของอุปกรณ์

3.4 อธิบายหน้าที่ของระบบและข้อขัดข้องล้มเหลว พิจารณาระบบหลังจากนั้นดำเนินการระบุหน้าที่และข้อขัดข้องในการทำงานแต่ละระบบย่อย โดยแบ่งเป็นหน้าที่หลักและหน้าที่รอง ซึ่งแสดงตัวอย่างไว้ดังตารางที่ 3 รายละเอียดของหน้าที่หลักและหน้าที่รองของระบบทำความเย็น รวมถึงแสดงรายละเอียดของความขัดข้องล้มเหลวการปฏิบัติการตามหน้าที่หลักและหน้าที่รองของระบบ[3],[4] การแสดงรายละเอียดหน้าที่อย่างถูกต้องและครบถ้วนมีความสำคัญอย่างมากในการกำหนดภารกิจบำรุงรักษาเพื่อรักษาหน้าที่ของระบบตามแนวคิดหลักตามกรอบงาน RCM [5]

ตารางที่ 3 ตัวอย่างรายละเอียดหน้าที่และความขัดข้องล้มเหลวการปฏิบัติงานของระบบทำความเย็น

หน้าที่ปฐมภูมิ	1. ส่งจ่ายน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิ 8-12°C แรงดัน 1-2 บาร์ อัตราไหล 400-600 ลิตรต่อนาที มีความกระด้างไม่เกิน 500 ppm
หน้าที่ทุติยภูมิ	1. ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 75 หน่วยต่อชั่วโมง 2. น้ำเย็นไม่รั่วไหลออกจากระบบ 3. ปลอดภัย ไม่มีกระแสไฟฟ้ารั่วไหล
ความล้มเหลวทางหน้าที่	1. อุณหภูมิน้ำเย็นต่ำกว่า 8°C 2. อุณหภูมิน้ำเย็นสูงกว่า 12°C 3. แรงดันน้ำจ่ายต่ำกว่า 1 บาร์ 4. แรงดันน้ำจ่ายสูงกว่า 2 บาร์ 5. อัตราน้ำไหลต่ำกว่า 480 ลิตรต่อชั่วโมง 6. อัตราน้ำไหลสูงกว่า 600 ลิตรต่อชั่วโมง 7. น้ำเย็นมีความกระด้างสูงกว่า 500 ppm

การจัดทำตารางแมตทริกซ์แสดงความเชื่อมโยงของแต่ละองค์ประกอบย่อยที่เกี่ยวข้องกับแต่ละหน้าที่ที่สำคัญและความขัดข้องล้มเหลวการทำหน้าที่ ซึ่งแสดงตัวอย่างในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างตารางแมตทริกซ์แสดงความเชื่อมโยงหน้าที่ขัดข้องล้มเหลวกับอุปกรณ์

System	Component Name	Functional Failure (FF)						
		1.0.0 อุณหภูมิน้ำ < 8°C	1.0.1 อุณหภูมิน้ำ > 12°C	1.0.2 แรงดันน้ำ < 1 bar	1.0.3 แรงดันน้ำ > 2 bar	1.0.4 Flow น้ำ < 480 l/min	1.0.5 Flow น้ำ > 600 l/min	1.0.6 ความกระด้าง >500 ppm
Chiller System	Compressor	x	x					
	Condenser		x					
	Drier		x					
	Sight glass							
	Expansion valve		x					
	Evaporator		x	x		x		x
	Low pressure gage & Sensor		x					
	High Pressure gage & Sensor		x					
	Water Inlet Temperature sensor	x	x					

3.5 การวิเคราะห์ลักษณะความขัดข้องล้มเหลวและผลกระทบ

การดำเนินการวิเคราะห์ลักษณะความขัดข้องล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

1) กำหนดขอบเขตในการวิเคราะห์ของแต่ละระบบ

2) รวบรวมข้อมูลจำแนกเครื่องจักรหรือระบบออกเป็นระบบย่อยๆ หรือฟังก์ชั่นย่อยๆ

3) กำหนดลักษณะความขัดข้องล้มเหลว

4) ชี้บ่งสาเหตุของความขัดข้องล้มเหลว

5) ชี้บ่งผลกระทบสืบเนื่องของความขัดข้องล้มเหลวที่มีต่อระบบอย่างมีนัยสำคัญ

6) แสดงมาตรการตรวจวัดหรือควบคุมความขัดข้องล้มเหลวหรือความผิดปกติต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากสาเหตุของความขัดข้องล้มเหลวที่มีอยู่

7) ประเมินระดับนัยสำคัญของผลกระทบสืบเนื่องต่อระบบ โดยผู้บริหารกำหนดเกณฑ์ผลกระทบสืบเนื่องจากความขัดข้องล้มเหลวที่มีผลต่อความสามารถของกระบวนการผลิตให้ลดต่ำลงมากกว่า 50%

ตารางที่ 5 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ลักษณะความขัดข้องล้มเหลวและผลกระทบของแต่ละรูปแบบความขัดข้องล้มเหลวของระบบอัดน้ำยาทำความเย็นในระบบผลิตน้ำเย็น

3.6 การวิเคราะห์ทางเลือกแผนผังต้นไม้ตรรก

สำหรับความขัดข้องล้มเหลวที่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบอย่างมีนัยสำคัญจะถูกพิจารณาทางเลือกภารกิจบำรุงรักษา ด้วยการวิเคราะห์ทางเลือกแผนผังต้นไม้ตรรก ตามกระบวนการทางตรรกที่แสดงในรูปที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทางเลือกด้วยแผนผังต้นไม้ตรรกสำหรับเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นของระบบผลิตน้ำเย็น แสดงตัวอย่างตารางการวิเคราะห์ไว้ในตารางที่ 6

3.7 การกำหนดภารกิจบำรุงรักษาสำหรับลักษณะความขัดข้องล้มเหลวแต่ละรูปแบบ

การวิเคราะห์ทางเลือกแผนผังต้นไม้ตรรกสามารถแบ่งภารกิจบำรุงรักษาของแต่ละลักษณะความขัดข้องล้มเหลวของระบบได้ 6 รูปแบบ คือ การปฏิบัติการเชิงรุก (Proactive Tasks) จำนวน 3 รูปแบบ (ภารกิจ CD, TDR, TDD) และกำหนดการปฏิบัติการเชิงรับ (Default Actions) จำนวน 3 รูปแบบ (ภารกิจ FF, RTF, Redesign) [3],[4] ความหมายของตัวย่อแสดงไว้ในตารางที่ 7

ตารางที่ 5 ตัวอย่างการวิเคราะห์ FMEA ของ Compressor

ชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปแบบความเสียหาย	Failure Mode Coding	สาเหตุของความเสียหาย	Failure Cause Coding	ผลกระทบของความเสียหาย ต่อระบบ	ผลกระทบของความเสียหายต่อ Plant	การเตือนล่วงหน้า	วิเคราะห์ LTA หรือไม่
Compressor	ดูดและอัดสารทำความเย็น	แรงดันสารทำความเย็นทางด้านดูด < 68 PSI	FM-08	- เกิดรอยรั่วในระบบทำให้สารทำความเย็นในระบบต่ำ - เติมน้ำยาในระบบไม่เพียงพอ	FM-08-05 FM-08-20	- น้ำไม่เย็น - น้ำไม่เย็น	- หยุด 50% -หยุด 50%	- เกจวัดแรงดัน - Pressure Sensor	Y Y
		แรงดันสารทำความเย็นทางด้านดูด > 75 PSI	FM-09	- คอมเพรสเซอร์ชำรุด - สารทำความเย็นมีสิ่งเจือปน - ทำงานเกินกำลัง Overload Trip - ไฟฟ้าดับ /Breaker Trip	FM-09-24 FM-09-27 FM-09-12 FM-09-14	- น้ำไม่เย็น - น้ำไม่เย็น - น้ำไม่เย็น - น้ำไม่เย็น	- หยุด 50% - หยุด100% - หยุด 50% - หยุด100%	- กระแสสูง - ไม่มี - กระแสสูง - ไม่มี	Y Y Y Y

ตารางที่ 6 ตัวอย่างการวิเคราะห์ LTA สำหรับเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นในระบบผลิตน้ำเย็น

Failure Mode	Failure Mode Coding	Hidden failure (H)	Safety and Environment (S&E)	Operational (O)	Non-operational consequence (N)	Candidate tasks	Tech Feasible	Effectiveness
ตัวควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ไม่ตัดการทำงานของ Compressor หรือไม่สั่งให้ Compressor ทำงาน	FM-01-03 FM-02-03 FM-09-03 FM-12-03 FM-13-03	_	_	√	_	CD : ตรวจวัดอุณหภูมิน้ำเย็นตามแผน TDD : เปลี่ยนอะไหล่ตามแผน FF : ทดสอบการทำงานของตัวควบคุมโดยการปรับตั้งอุณหภูมิทดสอบการตัดต่อของ Compressor RTF : ใช้งานจนกระทั่งเกิดการขัดข้อง Redesign : ออกแบบใหม่	√ √ √ √	X X √ X X

ตารางที่ 7 ความหมายของรูปแบบภารกิจบำรุงรักษาทั้ง 6 รูปแบบ

ลำดับที่	สัญลักษณ์	ความหมาย
1	CD	การบำรุงรักษาตามสภาพโดยมีการตรวจวัดตามแผน
2	TDR	การบำรุงรักษาแบบฟื้นฟูสภาพตามแผน
3	TDD	การบำรุงรักษาโดยการเปลี่ยนอะไหล่ตามแผน
4	FF	การค้นหาความขัดข้อง (Failure-Finding)
5	RTF	เดินเครื่องจักรจนกระทั่งขัดข้อง" (run-to-failure)
6	Redesign	ออกแบบระบบหรือระเบียบวิธีปฏิบัติใหม่

การประยุกต์ขั้นตอนกำหนดภารกิจบำรุงรักษาอย่างเป็นระบบด้วยการวิเคราะห์แผนผังต้นไม้ตรรก ตามแนวทาง RCM ของระบบผลิตน้ำเย็น สามารถสรุปจำนวนภารกิจบำรุงรักษาตามรูปแบบต่างๆ ที่ได้จากการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 จำนวนภารกิจบำรุงรักษาที่ได้จากการศึกษาตามแนวทาง RCM

ภารกิจ	**จำนวน** (รายการ)
CD	25
TDD	12
TDR	10
FF	12
RTF	13
Redesign	1

เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษายังไม่มีข้อมูลอายุการใช้งานก่อนขัดข้อง (Time To Failure:TTF) ดังนั้นในเบื้องต้นการศึกษาเพื่อกำหนดวงรอบเวลาที่เกิดขึ้นจริงจากข้อมูลอายุการใช้งานก่อนขัดข้องของอุปกรณ์ เพื่อกำหนดแผนการบำรุงรักษาแบบ TDR, TDD และ CD ยังไม่สามารถทำได้ ดังนั้นการพิจารณากำหนดการซ่อมบำรุงจึงอ้างอิงข้อแนะนำของผู้ผลิตเครื่องจักรซึ่งแสดงไว้ในคู่มือเครื่องจักร เนื่องจากโรงงานกรณีตัวอย่างเป็นโรงงานใหม่ประกอบกับยังขาดการจัดการระบบซ่อมบำรุงที่ดี จึงทำให้มีข้อมูลไม่เพียงพอสำหรับวิเคราะห์อายุการใช้งานของแต่ละชิ้นส่วนองค์ประกอบย่อย ในระยะยาวจำเป็นต้องมีการทบทวนวงรอบการซ่อมบำรุงแต่ละชิ้นส่วนอุปกรณ์ย่อยภายใต้บริบทแวดล้อมการปฏิบัติงานที่เป็นอยู่

4. ผลการดำเนินการศึกษา

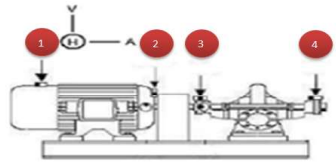
การทบทวนความต้องการสมรรถนะพื้นฐานของระบบตามความต้องการของผู้ใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ทำให้สามารถกำหนดได้ว่าหน่วยงานซ่อมบำรุงจะต้องเอาใจใส่คุณลักษณะใดบ้างของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ผู้ใช้เครื่องจักรอุปกรณ์คาดหวังและจำแนกลักษณะความขัดข้องล้มเหลวในระดับองค์ประกอบและระดับอุปกรณ์ที่สำคัญเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาภารกิจบำรุงรักษาทั้ง 6 รูปแบบ ตัวอย่างการปรับปรุงการบำรุงรักษาตามภารกิจบำรุงรักษาของระบบผลิตน้ำเย็น แสดงดังต่อไปนี้**4.1 ภารกิจ CD สำหรับปั๊มส่งน้ำเข้าสายการผลิตโดยกำหนดให้มีการวัดค่าการสั่นสะเทือนของปั๊มส่งน้ำเย็น ทุก ๆ 6 เดือน**

แผนการบำรุงรักษาเดิมของหน่วยงานซ่อมบำรุงไม่มีหัวข้อการวัดค่าการสั่นสะเทือน เพื่อตรวจสอบสภาพของแบริ่งปั๊มน้ำ มีเพียงแต่การตรวจสอบสภาพทางกายภาพและการประเมินสภาพการสึกหรอจากการสัมผัส ฟังเสียงการทำงานของตัวปั๊มน้ำที่ดังผิดปกติเท่านั้น การศึกษาโดย RCM มีข้อแนะนำแผนการบำรุงรักษาเชิงรุก CD สำหรับปั๊มส่งน้ำเย็นเข้าสายการผลิต ต้องกำหนดมาตรการให้มีการวัดค่าการสั่นสะเทือนของปั๊มส่งน้ำเย็น ทุกๆ 6 เดือน ก่อนที่จะเกิดความเสียหาย โดยกำหนดมาตรฐานการตรวจสอบอ้างอิงจากมาตรฐานสากล ISO2372 Machine vibration grades (NEMA MG1-12.05) ดังตารางที่ 9 ซึ่งวิธีการตรวจวัดค่าการสั่นสะเทือนแสดงในรูปที่ 6 และตัวอย่างการตรวจวัดค่าการสั่นสะเทือนของปั๊มส่งน้ำเย็นเข้าสาย การผลิตประจำเดือนธันวาคม 2556 โดยปั๊มส่งน้ำเย็นเข้าสายการผลิตนี้จัดอยู่ใน Class II เนื่องจากมีพิกัดขนาดมอเตอร์มากกว่า 15 kw. ซึ่งกำหนดค่าการสั่นสะเทือนที่เตือนให้ต้องเฝ้าระวังในช่วงระหว่าง 4.5 mm/s และ 7.1 mm/s ต้องได้รับการเปลี่ยนอะไหล่ใหม่ มิฉะนั้นจะเกิดความขัดข้องล้มเหลวใช้งานไม่ได้ จากการตรวจวัดปั๊มน้ำเย็นนี้ มีการวัดทั้งหมด 4 จุด ดังรูปที่ 7 ซึ่งแต่ละจุดพบว่ามีค่าความสั่นสะเทือนไม่เกิน 4.5 mm/s ถือว่ายังใช้งานได้ปกติ การตรวจวัดจะทำให้ทราบถึงสภาพของแบริ่งของปั๊มน้ำว่าอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานและเตรียมการแก้ไขหากพบสิ่งผิดปกติได้ทันเวลาก่อนที่จะเกิดการขัดข้องล้มเหลว

ตารางที่ 9 มาตรฐานการวัดค่าการสั่นสะเทือนตาม ISO2372 จากคู่มือ TV260A

Velocity (RMS) mm/s	I	II	III	IV
0.28	excellent	excellent	excellent	excellent
0.45				
0.71				
1.12	good			
1.8		good		
2.8	bad		good	
4.5		bad		good
7.1	forbidden		bad	
11.2		forbidden		bad
18			forbidden	
28				forbidden
45				

รูปที่ 6 การวัดค่าการสั่นสะเทือน



จุดตรวจวัด	มาตรฐาน	ธ.ค.-56				ม.ค. - 57			
		W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4
วัดจุดที่ 1	< 7.1 mm/s	0.75	0.77	0.78	0.77	0.78	0.76		
วัดจุดที่ 2	< 7.1 mm/s	0.44	0.63	0.66	0.65	0.70	0.71		
วัดจุดที่ 3	< 7.1 mm/s	0.55	0.58	0.6	0.59	0.6	0.58		
วัดจุดที่ 4	< 7.1 mm/s	0.14	0.55	0.58	0.6	0.62	0.61		

รูปที่ 7 ผลการวัดค่าการสั่นทะเทือนของปั๊มส่งน้ำเย็นเข้าสายการผลิต

4.2 ภารกิจ TDD สำหรับปั๊มส่งน้ำเข้าสายการผลิต คือ การเปลี่ยน Mechanical Seal ปั๊มส่งน้ำเย็น ทุก ๆ 1 ปี

สืบเนื่องจากไม่ทราบระยะเวลาการเปลี่ยน Mechanical Seal ที่แน่นอน ผู้ทำการศึกษาจึงพิจารณาจากคู่มือผู้ผลิตระบุให้มีการเปลี่ยนทุกๆ 1 ปี แทนการใช้ข้อมูลจาก MTTF ซึ่งแผนการบำรุงรักษาเดิมของหน่วยงานซ่อมบำรุง คือ การบำรุงรักษาเมื่อเกิดการขัดข้องทำให้ระบบต้องหยุดการทำงานอย่างน้อย 4 ชั่วโมงต่อครั้ง เมื่อมีการปรับปรุงให้มีการเตรียมแผนการเปลี่ยน Mechanical Seal ล่วงหน้าขณะทำการผลิตจึงไม่กระทบต่อการผลิตในการหยุดระบบเพื่อทำการบำรุงรักษา และไม่เกิดความล้มเหลวของ Mechanical Seal ฉุกเฉินในระหว่างการผลิตที่ทำให้กระบวนการผลิตต้องหยุดชะงักลง

4.3 ภารกิจ TDR สำหรับ Chiller คือ การแยงท่อระบบควบแน่นน้ำยาทำความเย็น ทุก ๆ 6 เดือน

แผนการบำรุงรักษาเดิมของหน่วยงานซ่อมบำรุง คือ ตรวจวัดค่าดัชนีชี้บ่งคุณลักษณะของน้ำเย็นและการแยงท่อระบบควบแน่นน้ำยาทำความเย็นระบบผลิตน้ำเย็นเป็นประจำ โดยบริษัทผู้รับเหมาภายนอกโดยกำหนดโปรแกรมการแยงท่อระบบควบแน่นน้ำยาทำความเย็นทุกๆ 1 ปี จากความรู้สึกและไม่มีข้อมูลสนับสนุนการกำหนดวงรอบบำรุงรักษา พบว่ามีปัญหาท่อระบบควบแน่นน้ำยาทำความเย็น สำหรับรายการนี้จึงจำเป็นต้องปรับวงรอบการทำความสะอาดท่อเหลือ 6 เดือนต่อครั้ง และกำหนดให้มีการตรวจสภาพท่อว่ามีความผิดปกติและรั่วหรือไม่ หลังจากนั้นพบว่าคราบตะกรันและสิ่งสกปรกในท่อลดน้อยลงซึ่งไม่ก่อปัญหาท่อรั่วอีกเลย

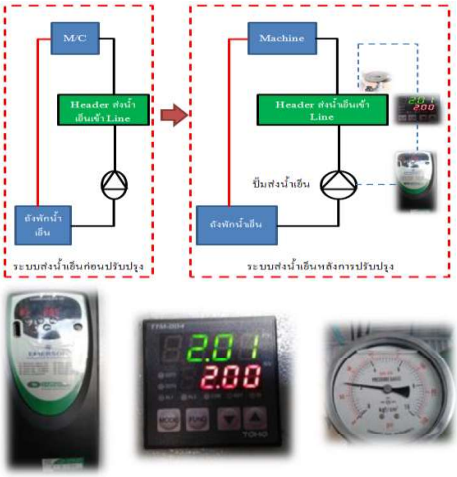
4.4 ภารกิจ FF สำหรับ Chiller โดยการตรวจสอบหารอยรั่วของ Chiller ทุก ๆ 6 เดือน

แผนการบำรุงรักษาเดิมของหน่วยงานซ่อมบำรุงคือ ตรวจเช็คเพียงแรงดันของสารทำความเย็นในระบบเท่านั้นและจะซ่อมแซมก็ต่อเมื่อน้ำยาทำความเย็นรั่วหายจากระบบจนกระทั่งระบบทำความเย็นล้มเหลวไม่สามารถผลิตน้ำเย็นได้ต่อไป ทำให้ต้องหยุดระบบหลังจากเกิดปัญหา การวิเคราะห์ RCM กำหนดภารกิจบำรุงรักษาให้มีการตรวจสอบหารอยรั่วเป็นระยะๆ ทำให้พบปัญหาเมื่อเกิดการรั่วซึมเพียงเล็กน้อยและวางแผนการแก้ไขก่อนที่จะเกิดการขัดข้องของทั้งระบบ ผลคือพบการรั่วซึมที่ Expansion valve ได้วางแผนแก้ไขในวันหยุดก่อนเกิดการขัดข้อง

4.5 ภารกิจ Redesign สำหรับระบบส่งน้ำเข้าสายการผลิต โดยการปรับปรุงให้มีระบบควบคุมแรงดันน้ำป้อนเข้า (Pressure Control)

เป็นภารกิจสืบเนื่องจากการบำรุงรักษาตามสภาพ (CD) โดยการวัดค่าแรงดันน้ำออกจากปั๊มส่งน้ำ

เย็นเข้าสายการผลิต จากระบบเดิมที่ไม่มีการควบคุมแรงดันน้ำให้คงที่ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของภาระหรือโหลด ซึ่งกรณีที่ภาระสูงกว่าความสามารถของระบบจะทำให้เกิดปัญหาคุณภาพ ดังนั้นจึงได้ออกแบบระบบการควบคุมแรงดันใหม่เพื่อรักษาระดับแรงดันน้ำป้อนเข้าให้คงที่ตลอดเวลา ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ระบบการส่งน้ำเย็นเข้าสายการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง โดยควบคุมแรงดันคงที่ที่ 2 บาร์

ผลการปรับปรุงแรงดันน้ำเข้าสายการผลิตคงที่ตลอดเวลาทำให้สามารถลดปัญหาคุณภาพผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ คือ เดิมปั๊มส่งน้ำเข้าสายการผลิต มีขนาด 15 kw.ที่โหลด 100% ต้องเดินเต็มกำลังตลอด 24 ชั่วโมง ตลอดเวลาที่เครื่องจักรทำงาน ดังนั้นการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าต่อวันคิดเป็นหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 360 kwh.ต่อวัน โรงงานกรณีศึกษาเสียค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยหน่วยละ 3.5 บาท ในหนึ่งวันต้องจ่ายค่าไฟฟ้า 1,260 บาท และใน 1 เดือนบริษัททำงาน 24 วัน คิดเป็นเงินค่าพลังงานไฟฟ้า 30,240 บาท หลังจากทำการปรับปรุงการควบคุมแรงดันให้คงที่ พบว่าอินเวอร์เตอร์ขับโหลดมอเตอร์อยู่ที่ 70% นั่นหมายความว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าจาก 15 kw. ลดลงเหลือ 10.5 kw. ส่งผลให้การสูญเสียพลังงานไฟฟ้าต่อวันลดลงเหลือเท่ากับ 252 kwh. ในหนึ่งวันต้องจ่ายค่าไฟฟ้า 882 บาท ใน 1 เดือนบริษัททำงาน 24 วัน คิดเป็นเงิน 21,168 บาท นั่นหมายถึงการปรับปรุงสามารถลดค่าใช้จ่ายเรื่องของพลังงานไฟฟ้าได้เดือนละ 9,072 บาท

4.6 การเปรียบเทียบโปรแกรมการบำรุงรักษา

การทบทวนโปรแกรมการบำรุงรักษาด้วยกระบวนการทางตรรกอย่างครอบคลุมทั้งระบบของ RCM ทำให้สามารถกำหนดภารกิจบำรุงรักษาที่จำเป็นที่ถูกละเลยไปขึ้นใหม่ และช่วยพิจารณาลดภารกิจบำรุงรักษาที่ไม่ก่อผลสัมฤทธิ์ออกไปจากโปรแกรมบำรุงรักษา ทำให้ระบบได้รับการรักษาหน้าที่ปฏิบัติงานหลักด้วยภารกิจบำรุงรักษาที่จำเป็นอย่างแท้จริง ตารางที่ 10 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างของรายการบำรุงรักษาเดิมกับรายการบำรุงรักษาใหม่ที่ได้จากกระบวนการวิเคราะห์ภารกิจบำรุงรักษาตามกรอบงาน RCM

ตารางที่ 10 ตัวอย่างการเปรียบเทียบรายการบำรุงรักษาก่อนปรับปรุงกับรายการบำรุงรักษาหลังปรับปรุง

รายการบำรุงรักษา	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง	
	มี/ไม่มีรายการ	ความถี่ครั้งต่อปี	มี/ไม่มีรายการ	ความถี่ครั้งต่อปี
วัดค่าแรงดันของสารทำความเย็นด้าน High - low (Chiller;ระบบทำความเย็น)	√	288	√	288
วัดค่ากระแสและความร้อนมอเตอร์ Compressor (Chiller;ระบบทำความเย็น)	√	288	√	2
วัดค่าการสั่นสะเทือนของปั๊มส่งน้ำเข้า Evaporator (Evaporator Pump; ระบบทำความเย็น)	_	0	√	2

ผลการปรับปรุงภารกิจและแผนบำรุงรักษาพบว่ามีข้อแตกต่างระหว่างแผนบำรุงรักษาเดิมกับแผนบำรุงรักษาที่กำหนดใหม่ คือ

1) แผนบำรุงรักษาเดิมมีรายการบำรุงรักษาจำนวน 16 รายการ ส่วนแผนบำรุงรักษาใหม่ มีรายการภารกิจบำรุงรักษาจำนวน 59 รายการ นั่นคือมีรายการบำรุงรักษาที่ถูกละเลยไปจำนวน 43 รายการ

2) การทำภารกิจบำรุงรักษาตามแผนใหม่พบว่าใช้เวลาน้อยกว่าแผนซ่อมบำรุงรักษาเดิม เนื่องจาก

แผนบำรุงรักษาใหม่มีความถี่ของการบำรุงรักษาในรายการที่ส่งผลกระทบต่อระบบน้อยลดลงจากแผนเดิม แต่เพิ่มความถี่ในรายการบำรุงรักษาที่ขาดหายไปจากแผนบำรุงรักษาเดิม 43 รายการ ทำให้สามารถบำรุงรักษาได้ครอบคลุมหน้าที่การทำงานของระบบได้มากกว่าแผนบำรุงรักษาเดิม

3) ภารกิจบำรุงรักษาแบบใหม่แบ่งเป็นหมวดหมู่ ได้แก่ ภารกิจบำรุงรักษาตามสภาพโดยมีการวัดตามแผนจำนวน 25 รายการ ภารกิจเปลี่ยนอะไหล่ตามแผนจำนวน 12 รายการ ภารกิจฟื้นฟูสภาพตามแผน 10 รายการ ภารกิจค้นหาความขัดข้อง 12 รายการ และภารกิจการบำรุงรักษาโดยการใช้งานจนกระทั่งเกิดความเสียหาย ซึ่งต่างจากแผนบำรุงรักษาเดิมที่ซ่อมแซมหลังเกิดความขัดข้องล้มเหลว

5. สรุปผล

ผลการศึกษาพบว่ารายการบำรุงรักษาเดิมที่กำหนดโดยหน่วยงานซ่อมบำรุงมีเพียง 16 รายการ และรายการบำรุงรักษาที่ได้จากการศึกษามีทั้งหมด 59 รายการ เปรียบเทียบให้เห็นว่ามีงานบำรุงรักษาได้ถูกละเลยไป

จำนวน 43 รายการ ดังตารางที่ 11 ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้เครื่องจักรและอุปกรณ์ชำรุดเสียหายในอนาคต และ งานบำรุงรักษาเดิมบางงานที่กำหนดขึ้นจากความเคยชินและประสบการณ์ก็อาจไม่จำเป็นต้องมีขึ้นหรือมีขึ้นก็ไม่จำเป็นต้องทำให้ถี่มากเกินไป ส่งผลให้เสียทรัพยากรและเวลาในการบำรุงรักษามากเกินไป ที่น่าสนใจพบว่าแม้ภารกิจเชิงรุกทั้ง 59 รายการ ที่มีมากกว่าภารกิจซ่อมบำรุงแบบเดิมถึง 268.75% แต่มีความต้องการเวลาการบำรุงรักษาเชิงรุกที่น้อยกว่าเดิมถึง 12.95 ชั่วโมงต่อเดือนซึ่งคิดเป็นเวลาที่ลดลงถึง 38.28%

ภารกิจเชิงรุกที่ช่วยตรวจสอบความผิดปกติก่อนที่จะเกิดความเสียหาย ทำให้สามารถเตรียมการวางแผนบำรุงรักษาได้ก่อนที่เครื่องจักรจะเกิดการขัดข้องล้มเหลวและจากการจัดทำระบบควบคุมแรงดันส่งน้ำเย็นเข้าสาย

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบงานบำรุงรักษาเดิมและที่ศึกษาได้

	จำนวน (รายการ)	Man-Hour (ชั่วโมง/เดือน)
งานบำรุงรักษาที่ศึกษาได้	59	20.88
งานบำรุงรักษาเดิม	16	33.83
งานบำรุงรักษาจำเป็นที่ขาดหายไป	43	10.5

การผลิตให้คงที่ในภารกิจ Redesign สามารถลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าภายในระบบได้เดือนละ 9,072 บาท ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลที่ได้จากการปรับปรุงในภารกิจ Redesign ควบคุมแรงดันน้ำให้คงที่

รายการ	ก่อนปรับปรุงระบบ	หลังปรับปรุงระบบ	ผลประหยัดต่อเดือน
1. ค่าไฟฟ้า (บาท/เดือน)	30,240	21,168	9,072 บาทต่อเดือน
2. แรงดันน้ำ	เปลี่ยนแปลงไม่คงที่	แรงดันคงที่ 2 bar	

ผลการปฏิบัติภารกิจเชิงรุกตามแผนบำรุงรักษาใหม่และเก็บบันทึกข้อมูลในเดือนพฤศจิกายน ถึงธันวาคม 2556 สามารถนำมาสรุปผลการบำรุงรักษาระบบผลิตน้ำเย็นแสดงเป็นดัชนีเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 13 จากการปรับปรุงรายการบำรุงรักษาและภารกิจ Redesign ของระบบควบคุมแรงดันส่งน้ำเย็นเข้าสายการผลิตให้คงที่แล้ว ยังไม่พบปัญหาที่เกิดท่อแตกในระบบผลิตน้ำเย็นอีกเลย ในการเกิดท่อน้ำแตกจะใช้เวลาในการแก้ไขปัญหาประมาณ 4 ชั่วโมง ซึ่งจะต้องหยุดการผลิตตลอดระยะเวลาดังกล่าว รวมกับเวลาเริ่มเดินเครื่องใหม่อีก 1 ชั่วโมง คิดเป็น 5 ชั่วโมงต่อการหยุด 1 ครั้ง ทำให้ต้องสูญเสียโอกาสในการผลิตเป็นเงิน 1,250,000 บาทต่อครั้ง จากข้อมูลก่อนการปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยในการเกิดท่อแตก 3.67 ครั้งต่อเดือน นั่นหมายความว่าในหนึ่งเดือนจะสูญเสียโอกาสการขาดรายได้ไป 4,587,500 บาทต่อเดือน หลังการปรับปรุงไม่เกิดปัญหาดังกล่าวขึ้นอีกเลยทำให้ลดความสูญเสียดังกล่าวไปได้

เนื่องจากโรงงานตัวอย่างเก็บข้อมูลในอดีตไม่ครบถ้วน คือ การระบุความเสียหายที่เกิดขึ้นไม่ได้แยกเป็นอะไหล่หรืออุปกรณ์แต่ละตัว ทำให้มีข้อมูลไม่เพียงพอที่จะนำมาหาระยะเวลาเฉลี่ยก่อนขัดข้องของอะไหล่ (MTBF/MTTF) ซึ่งผู้วิจัยจำเป็นต้องใช้ข้อมูล

ในคู่มือเครื่องจักรมากำหนดรอบการบำรุงรักษาแทนในเบื้องต้น ต่อไปหากมีการเก็บข้อมูลที่ครบถ้วนขึ้นก็ควรนำมาใช้ในการกำหนดวงรอบการบำรุงรักษาใหม่ ซึ่งจะต้องมีการปรับปรุงระเบียบวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลความขัดข้องล้มเหลวที่เหมาะสมยิ่งขึ้นต่อไป ก็จะทำให้ได้แผนการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และควรปรับปรุงฐานข้อมูลอยู่เสมอเพื่อให้การบำรุงรักษาเหมาะสมกับสภาพของโรงงานในขณะนั้นๆ

ตารางที่ 13 ค่าดัชนีเปรียบเทียบผลการปรับปรุงโดยใช้ข้อมูลเฉลี่ยจากเดือนพฤศจิกายน ถึง ธันวาคม 2556

ดัชนี	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	หน่วย	% ลดลง (-) หรือ % เพิ่มขึ้น (+)
1. จำนวนครั้งโดยเฉลี่ยในการเกิดปัญหาคุณภาพเนื่องจากปัญหาของระบบน้ำเย็น	5.33	3	ครั้ง/เดือน	-43.71%
2. ค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของระบบผลิตและส่งน้ำเย็น (MTBF/MTTF)	2.77	6.7	วัน	141.87%
3. จำนวนครั้งเฉลี่ยที่อุณหภูมิของน้ำเย็นส่งเข้า Line ไม่อยู่ในค่ามาตรฐาน	6.75	2	ครั้ง/เดือน	-70.37%
4. จำนวนครั้งเฉลี่ยของ แรงดันน้ำเย็นและคุณภาพน้ำที่จ่ายเข้า Line ไม่อยู่ในช่วงมาตรฐาน	4.58	0	ครั้ง/เดือน	-100%
5. จำนวนครั้งเฉลี่ยที่เกิดท่อแตกในระบบผลิตและส่งน้ำเข้า Line	3.67	0	ครั้ง/เดือน	-100%
ผลที่ได้จากการปรับปรุงทำให้มีเวลาผลิตชิ้นงานเพิ่มขึ้นมีมูลค่าต่อเดือน				4,587,500 บาท

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ทุกท่าน รวมถึงโรงงานกรณีศึกษาที่ให้ความร่วมมือในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Smith A.M., Reliability-Centered Maintenance, McGraw-Hill, Inc., U.S.A., 1993.

[2] จันทร์ฑา นาควชิรตระกูล, เทคโนโลยีการจัดการบำรุงรักษาอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ: จรัลสนิทวงศ์การพิมพ์จำกัด, 2555.

[3] Moubray J., Reliability-centred Maintenance, Butterworth-Heinemann, UK, 2000.

[4] ประภาส ศุภศิริสัตยากุล, การบำรุงรักษาความเชื่อถือได้เป็นสำคัญ(Reliability-Centered Maintenance: RCM), กรุงเทพฯ: จรัลสนิทวงศ์การพิมพ์จำกัด, 2555.

[5] จันทร์ฑา นาควชิรตระกูล ณพพล รัตนศักดิ์ชัย ชาญ วุฒิชัย ว่องไว และ ชลิต ศิริรัตน์พิริยะ, การพัฒนาระบบการบำรุงรักษาความเชื่อถือได้เป็นสำคัญในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร, การประชุมข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2549, โรงแรมอินเตอร์คอนติเนนตัล กรุงเทพฯ.