

# การลดอัตราการเสียหายของเครื่องล้างจานโดยการวิเคราะห์อายุการใช้งานของอะไหล่ด้วยการคำนวณจากค่าความน่าเชื่อถือของระบบ

จิรพันธ์ กาญจนกุลานุรักษ์\* และ ประจวบ กล่อมจิตร์

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยศิลปากร

\* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: kanjanakulanura\_j@silpakorn.edu

วันที่รับบทความ: 18 เมษายน 2565; วันที่ทบทวนบทความ: 25 ตุลาคม 2565; วันที่ตอบรับบทความ: 24 พฤศจิกายน 2565

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 19 มีนาคม 2566

**บทคัดย่อ:** งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและลดอัตราการเสียหายของเครื่องล้างจานสำหรับอุตสาหกรรมร้านอาหาร หลังทำการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าเครื่องล้างจานรุ่น A ในบริษัทกรณีศึกษา มีความถี่ในการซ่อมสูงสุด จึงทำการวิเคราะห์และหาสาเหตุการเสียหายของเครื่องจักร โดยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหา คือ แผนภูมิพาเรโตในการจัดลำดับความสำคัญของปัญหา แผนภูมิแกงปลาในการวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุในแต่ละด้าน และใช้หลักการความน่าเชื่อถือในการกำหนดระยะเวลาการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จากการวิเคราะห์พบว่า ปัญหาเครื่องจักรไม่ทำงาน เป็นปัญหาหลักของการหยุดชะงักและเกี่ยวเนื่องจากชิ้นส่วนประกอบของเครื่องล้างจาน คือ สวิตช์เปิดปิด สวิตช์ทำงาน สวิตช์ประตู และแม่เหล็กสวิตช์ประตู การปรับปรุงได้จัดสร้างแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องล้างจานรุ่น A โดยทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนประกอบที่มีผลต่อการหยุดชะงักของเครื่องด้วยความถี่ ดังนี้ สวิตช์เปิดปิด สวิตช์ทำงาน สวิตช์ประตู 1.5 ปีต่อครั้ง และแม่เหล็กสวิตช์ประตู 2 ครั้งต่อปี ผลหลังจากการปรับปรุง พบว่า ปริมาณงานซ่อมลดลงจากเดิมร้อยละ 37.13 เป็นร้อยละ 29.50 และค่าความน่าเชื่อถือของเครื่องล้างจานเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 17 เป็นร้อยละ 56 จากปริมาณเครื่องล้างจานทั้งหมดส่งผลให้เกิดค่าความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น

**คำสำคัญ:** ค่าความน่าเชื่อถือ; เวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหาย; การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน; การลดอัตราการเสียหายของเครื่องจักร; การวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของความชำรุดเสียหาย

# Reducing the Failure Rate of Dishwashers by Analyzing the Service Life of Spare Parts using System Reliability Calculation

Jiranan Kanjanakulanurak\* and Prachuab Klomjit

Division of Engineering Management, Department of Engineering and Industrial Technology,  
Silpakorn University

\* Corresponding author, E-mail: kanjanakulanura\_j@silpakorn.edu

Received: 18 April 2022; Revised: 1 October 2022; Accepted: 24 November 2022

Online Published: 19 March 2023

**Abstract:** This research aims to reduce and analyze the failure of food industry dishwashers machine. From analyzing data we find that dishwasher model A has the highest frequency of being repaired. We analyze and find the root cause of machine failure by using the analysis tool Pareto chart to prioritize the failure root cause. Fishbone Diagram is applied in finding relatives between the problem and root cause in each part and uses reliability to define the frequency of preventive maintenance. From analysis, we find that machine can't operate is the main problem for machine breakdown, and related to machine parts are the ON/OFF switch, RUN Switch, Door Switch, and Magnetic Switch. The preventive maintenance plan of dishwasher model A by changing the machine parts which have a high effect on machine breakdown is the ON/OFF switch, RUN Switch, Door Switch 1.5 years per time, and Magnetic Switch 2 times per year. From this research, it is found that the dishwasher machine model A has frequencies of failure reduced from 37.13% to 29.50% and has increased reliability from 17% to 56% from the whole machine.

**Keywords:** Reliability; Mean Time between Failures; Preventive Maintenance; Reduce Failure of Machine; Failure Mode and Effects Analysis



### 1. บทนำ

ในกลุ่มธุรกิจเครื่องจักรสำหรับอุตสาหกรรมร้านอาหารหรือครัวเรือน ตัวอย่างเช่น เครื่องล้างจานเป็นเครื่องจักรที่มีการจำหน่ายและติดตั้งอยู่ทั่วประเทศเป็นจำนวนมาก ผู้ใช้งานต่างล้วนต้องการเครื่องจักรที่สามารถทำงานได้ตลอดเวลา ไม่เกิดการชำรุดเสียหาย โดยการแข่งขันของธุรกิจดังกล่าวจะมุ่งเน้นไปที่การบริการหลังการขายเครื่องจักรเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งหากเครื่องจักรดังกล่าวเกิดขัดข้องหรือหยุดทำงานบ่อยครั้ง จะส่งผลกระทบต่อทั้งบริษัทตัวอย่างและลูกค้า ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น ค่าแรงช่าง ค่าเดินทาง ส่งผลให้เกิดต้นทุนที่เพิ่มมากขึ้น

บริษัทกรณีศึกษาในครั้งนี้มีเครื่องล้างจานทั้งหมด 6 รุ่น จำนวนการเสียหายของเครื่องจักรถือว่ามีอัตราการเสียหายที่สูง ซึ่งข้อมูลความถี่ในการซ่อมเครื่องจักรแต่ละรุ่น แสดงในตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ความถี่การซ่อมเครื่องจักร ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงพฤษภาคม 2564

รุ่น	ความถี่ การซ่อม	เปอร์เซ็นต์ การซ่อม
A	1362	37.13%
B	522	14.23%
C	150	4.09%
D	623	16.98%
E	417	11.37%
F	594	16.19%
รวม	3668	100%

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะลดอัตราการเสียหายของเครื่องล้างจานรุ่น A เนื่องจากมีร้อยละการซ่อมสูงที่สุด คือ 37.13% โดยอาศัยหลักการด้านการบำรุงรักษาเครื่องจักร [1] โดยวิเคราะห์จากค่าความน่าเชื่อถือ มีความถี่ในการซ่อมเครื่องจักรและค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability) เป็นตัวชี้วัด

### 2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยสามารถอธิบายได้ดังนี้คือ เริ่มต้นจากศึกษาวิธีการทำงานของเครื่องล้างจานเพื่อที่จะได้เข้าใจการทำงานโดยรวมและอุปกรณ์ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้อง หลังจากนั้นจึงเก็บข้อมูลและรวบรวมปัญหาการเสียหายของเครื่องล้างจาน โดยนำข้อมูลจากการแจ้งซ่อมของเครื่องล้างจาน และนำมาวิเคราะห์สาเหตุการเสียหายและผลกระทบ เพื่อจะนำสาเหตุที่ส่งผลกระทบมากที่สุดมาทำการแก้ไขปัญหา โดยสามารถอธิบายได้ ดังรูปที่ 1

#### 2.1 เครื่องล้างจาน

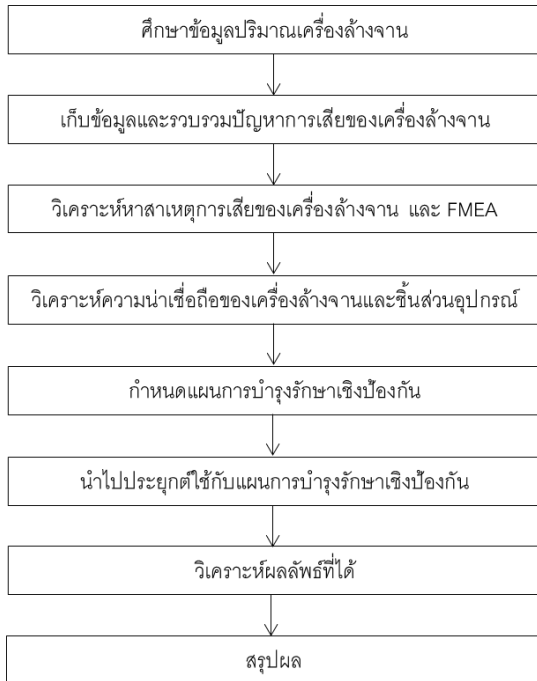
##### 2.1.1 การศึกษาการทำงานของเครื่องล้างจาน

เครื่องล้างจานรุ่น A เป็นเครื่องล้างจานประเภทใต้เคาน์เตอร์ มีขนาด 59.5 x 65.5 x 83.0 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2 และความสามารถในการล้าง 560 ใบต่อชั่วโมง

หลักการทำงานของเครื่องล้างจาน คือ นำจานที่ต้องการล้างเข้าภายในเครื่องล้างจาน หลังจากนั้นเครื่องล้างจานจะทำการล้างจาน โดยวัสดุที่ใช้ คือ น้ำร้อนอุณหภูมิ 65 และ 85 องศาเซลเซียส น้ำยาล้างจาน และน้ำยาช่วยแห้ง หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการจะได้จานที่ออกมาสะอาดพร้อมกับปลอดภัยไร้โรค โดยสามารถอธิบายหลักการดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 3



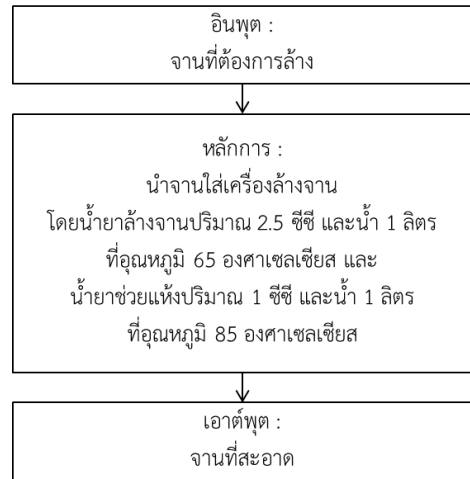
บทความวิจัย



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 2 เครื่องล้างจานรุ่น A



รูปที่ 3 หลักการทำงานของเครื่องล้างจาน

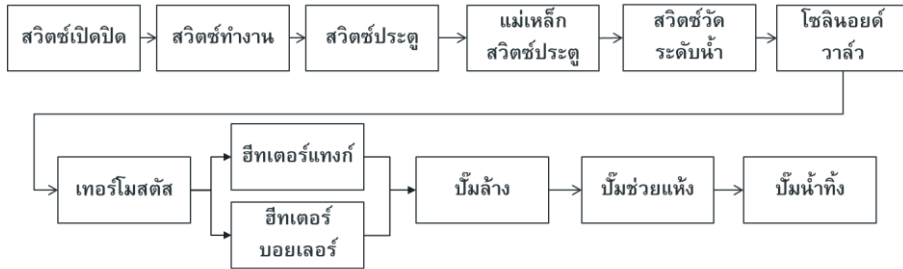
### 2.1.2 แผนผังการทำงานของเครื่องล้างจาน

เครื่องล้างจานประกอบด้วยชิ้นส่วนอุปกรณ์หลายชนิดประกอบรวมกัน เพื่อให้สามารถทำงานครบขั้นตอนกระบวนการ โดยการทำงานของชิ้นส่วนอุปกรณ์แต่ละชนิด จะประกอบต่อกันเป็นแบบอนุกรม ซึ่งหากอุปกรณ์ชนิดใดเสีย จะทำให้ไม่สามารถทำงานในขั้นตอนกระบวนการต่อไปได้ ดังแสดงในรูปที่ 4

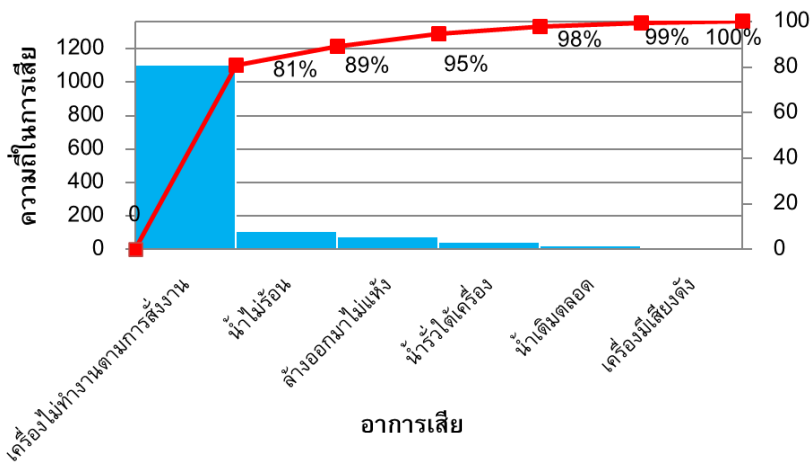
### 2.2 การรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล

เนื่องจากจุดประสงค์ของการวิจัยคือ การลดอัตราการเสียหายของเครื่องล้างจาน ดังนั้นจึงต้องรวบรวมข้อมูลที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เครื่องหยุดการทำงาน

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาการหยุดการทำงานของเครื่องล้างจาน และได้นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์โดยใช้หนึ่งในเครื่องมือควบคุมคุณภาพหรือ 7 QC Tools [2] ที่ชื่อว่า แผนภูมิพาเรโต ผลปรากฏว่า ปัญหาของเครื่องล้างจานรุ่น A ที่ส่งผลต่อการหยุดการทำงานของเครื่องล้างจาน ดังแสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 5



รูปที่ 4 แผนภาพชิ้นส่วนอุปกรณ์ขั้นตอนการทำงานของเครื่องล้างจาน



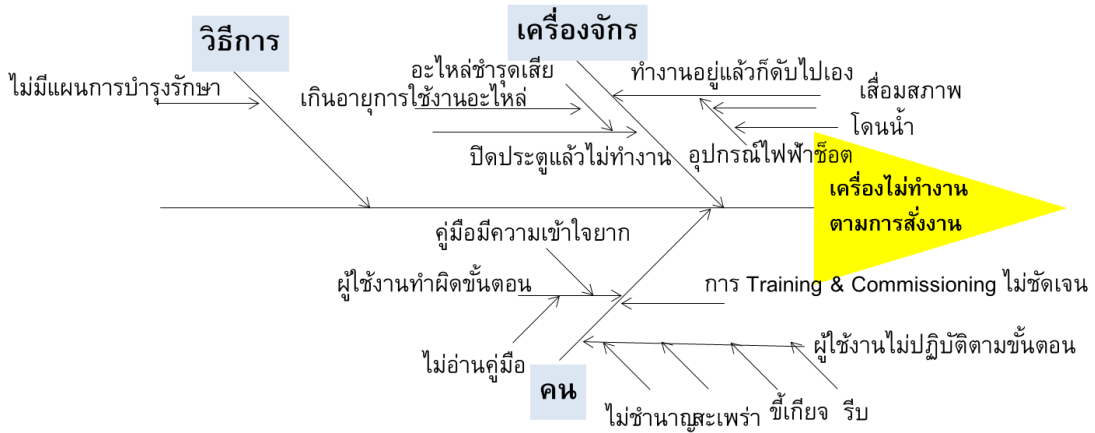
รูปที่ 5 พารेटโตแสดงอาการเสียของเครื่องล้างจาน

ตารางที่ 2 ความถี่ในการเสียของแต่ละอาการเสียของเครื่องล้างจาน

อาการเสีย	ความถี่	รวม	เปอร์เซ็นต์สะสม (%)
เครื่องไม่ทำงานตามการสั่งงาน	1103	1103	81
น้ำไม่ร้อน	110	1213	89
ล้างออกมาไม่แห้ง	75	1288	95
น้ำรั่วใต้เครื่อง	43	1331	98
น้ำเต็มตลอด	22	1353	99
เครื่องมีเสียงดัง	9	1362	100

### 2.3 การวิเคราะห์สาเหตุการหยุดทำงานของเครื่องล้างจานจากอาการเครื่องไม่ทำงานตามการสั่งงาน

จากรายละเอียดข้างต้น พบว่าปัญหาที่ก่อให้เกิดความเสียหายของการหยุดเดินเครื่องถึงร้อยละ 80 ได้แก่ เครื่องไม่ทำงานตามการสั่งงาน ดังนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์หารากสาเหตุของปัญหาที่ก่อให้เกิดการหยุดทำงานของเครื่องล้างจานจากอาการดังกล่าว โดยใช้แผนภูมิแกงปลา ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละปัญหาดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แผนภูมิแก๊งปลาแสดงเครื่องไม่ทำงานตามการสั่งงาน

### 2.3.1 เครื่องไม่ทำงานตามการสั่งงาน

จากการวิเคราะห์แผนภูมิแก๊งปลาเพื่อหาสาเหตุการเสียหายของเครื่องไม่ทำงานตามการสั่งงานพบว่าสาเหตุของเครื่องไม่ทำงานตามการสั่งงานมาจาก 3 ด้าน ได้แก่ วิธีการ เครื่องจักร และคน

ด้านวิธีการได้แก่ ไม่มีแผนการบำรุงรักษา ด้านเครื่องจักร ได้แก่ ปิดประตูแล้วไม่ทำงาน, ทำงานอยู่แล้วก็ดับไปเอง โดยทั้งสองสาเหตุเนื่องมาจากชิ้นส่วนอุปกรณ์เสียหายเสื่อมสภาพ และเกินอายุการใช้งานอะไหล่ และสุดท้ายด้านคน กล่าวคือผู้ใช้งานปฏิบัติงานเครื่องผิดขั้นตอน ผู้ใช้งานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงานของเครื่องล้างจาน เนื่องจากคู่มือมีความเข้าใจยาก

#### 2.3.1.1 การวิเคราะห์ลักษณะความเสียหายและผลกระทบ (FMEA)

จากการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิแก๊งปลาข้างต้นทำให้ทราบสาเหตุ โดยแต่ละสาเหตุจะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยในด้านความรุนแรงของปัญหา (Severity: SEV) ด้านโอกาสในการเกิดปัญหา (Occurrence: OCC) และ

ด้านความสามารถในการตรวจจับ (Detection: DET) จากนั้นวิเคราะห์หาค่า Risk Priority Number (RPN) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 1

$$RPN = SEV \times OCC \times DET \quad (1)$$

จากแผนภูมิแก๊งปลาของเครื่องไม่ทำงานตามการสั่งงาน สามารถสรุปได้เป็น 3 สาเหตุหลักๆ ดังนี้ (1) ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องล้างจานเสื่อมสภาพ (2) คู่มือเข้าใจยาก และ (3) ไม่มีแผนการบำรุงรักษา ทั้งนี้ในการพิจารณาเพื่อหาแนวทางการจัดการความเสี่ยงเพื่อให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องล้างจานดีขึ้น จะพิจารณาที่ค่า RPN ของสาเหตุการเสียหายของเครื่องไม่ทำงานตามการสั่งงาน จากการคำนวณดังสมการที่ 1 โดยพิจารณาจากค่า SEV OCC และ DET โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนน ดังตารางที่ 3-5 [3, 4] โดยผลการวิเคราะห์ลักษณะความเสียหายและผลกระทบแสดงค่าระดับคะแนนความเสี่ยง (Risk Priority Number: RPN) แสดงดังตารางที่ 6



### ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของปัญหา (Severity: SEV)

ผลกระทบ	คะแนน
อันตรายที่เกิดขึ้นโดยปราศจากการเตือน	10
อันตรายที่เกิดขึ้นโดยมีการเตือน	9
สูงมาก (เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้)	8
สูง	7
ปานกลาง	6
ผลกระทบ	คะแนน
ต่ำ	5
ต่ำมาก	4
กระทบทางอ้อม	3
กระทบทางอ้อมมากๆ	2
ไม่มีผลกระทบ	1

### ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินโอกาสในการเกิดปัญหา (Occurrence: OCC)

โอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง	คะแนน
เกิดข้อบกพร่องมากกว่า 2 ครั้งใน 1 เดือน	10
เกิดข้อบกพร่อง 1 ครั้งใน 1 เดือน	9
เกิดข้อบกพร่องอย่างน้อย 2 ครั้งใน 6 เดือน	8
เกิดข้อบกพร่อง 1 ครั้งใน 6 เดือน	7
เกิดข้อบกพร่องอย่างน้อย 2 ครั้งใน 1 ปี	6
เกิดข้อบกพร่อง 1 ครั้งใน 1 ปี	5
เกิดข้อบกพร่องอย่างน้อย 2 ครั้งใน 2 ปี	4
เกิดข้อบกพร่อง 1 ครั้งใน 2 ปี	3
เป็นไปได้ที่จะเกิดข้อบกพร่อง	2
ไม่เกิดข้อบกพร่องเลย	1

### ตารางที่ 5 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการตรวจพบสาเหตุของข้อบกพร่อง (Detection: DET)

ประเภทของการตรวจสอบ	การควบคุมที่ใช้เพื่อให้ตรวจสอบ	คะแนน
ผู้ปฏิบัติงาน	ไม่สามารถตรวจพบ	10
ผู้ปฏิบัติงาน	ทางอ้อมหรือสุ่ม	9
ผู้ปฏิบัติงาน	สายตา	8
ผู้ปฏิบัติงาน	สายตา 2 ครั้ง	7
เครื่องมือ หรือ ผู้ปฏิบัติงาน	แผนภูมิ SPC	6
เครื่องมือ	เครื่องมือวัด	5
ตัวป้องกันความผิดพลาด หรือ เครื่องมือ	ตรวจสอบความผิดพลาดในกระบวนการถัดไป หรือ เครื่องมือวัด	4
ตัวป้องกันความผิดพลาด หรือ เครื่องมือ	สามารถตรวจพบในจุดปฏิบัติงาน	3
ตัวป้องกันความผิดพลาด หรือ เครื่องมือ	สามารถตรวจพบในจุดปฏิบัติงาน	2
ตัวป้องกันความผิดพลาด	ไม่มีโอกาสเกิดข้อบกพร่อง	1

ทั้งนี้ การจัดกลุ่มประเภทความเสี่ยง ดังตารางที่ 7 จะพิจารณาจากการแบ่งอันตรายภาคชั้นเป็น 3 ชั้น [5] โดยกำหนดความกว้างของแต่ละช่วงเท่ากับ 121 ดังนี้

$$\text{ความกว้างของอันตรายภาคชั้น} = (RPN_{\text{มาก}} - RPN_{\text{น้อย}}) / 3$$

$$= (504 - 140) / 3$$

$$= 121$$



## ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ลักษณะความเสียหายและผลกระทบ

การวิเคราะห์ลักษณะความเสียหายและผลกระทบ (FMEA) เครื่องล้างจานไม่ทำงาน								
สาเหตุของเครื่องไม่ทำงานตามการสั่งงาน	ลักษณะของความเสียหาย	ผลกระทบจากความเสียหาย	SEV	สาเหตุลักษณะความเสียหาย	OCC	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน	DET	RPN
ชิ้นส่วนของอุปกรณ์ของเครื่องล้างจานเสื่อมสภาพ	ชิ้นส่วนของอุปกรณ์ชำรุดเสียหาย/เสื่อมสภาพ ไม่สามารถใช้งานชิ้นส่วนอุปกรณ์ได้	เครื่องล้างจานไม่สามารถทำงานได้ หรือทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ	8	ใช้งานเกินอายุการใช้งานของชิ้นส่วนอุปกรณ์	5	ซ่อมตามการเสีย	10	400
คู่มือเข้าใจยาก	ผู้ใช้งานปฏิบัติผิดขั้นตอนการทำงานของเครื่องล้างจาน	เครื่องล้างจานไม่สามารถล้างจานได้เต็มประสิทธิภาพ	7	ผู้ใช้งานไม่อ่านคู่มือการใช้งานเครื่องให้รอบคอบ	8	ปรับปรุง Work instruction	4	224
ไม่มีแผนการบำรุงรักษา	เครื่องล้างจานทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ	จานที่ล้างออกมาไม่สะอาด	7	ไม่มีการเข้าตรวจเช็คสภาพเครื่องล้างจาน	6	ซ่อมตามการเสีย	10	420

ดังนั้น การแบ่งระดับค่าความเสี่ยงเป็น 3 ระดับ โดยสามารถกำหนดดังนี้

- ค่า RPN มากกว่า 365 จัดอยู่ในกลุ่มความเสี่ยงสูง (High risk: H)
- ค่า RPN ช่วง 243-364 จัดอยู่ในกลุ่มความเสี่ยงปานกลาง (Medium risk: M)
- ค่า RPN ช่วง 121-242 จัดอยู่ในกลุ่มความเสี่ยงต่ำ (Low risk: L)

ตารางที่ 7 ค่า RPN ของสาเหตุของเครื่องไม่ทำงานตามการสั่งงานโดยแบ่งกลุ่มความเสี่ยง

ลำดับ	สาเหตุของเครื่องไม่ทำงานตามการสั่งงาน	ค่า RPN (มาก-น้อย)	H	M	L
1	ไม่มีแผนการบำรุงรักษา	420	H		
2	ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องล้างจานเสื่อมสภาพ	400	H		
3	คู่มือเข้าใจยาก	224			L





จากตารางที่ 7 ข้างต้น การวิเคราะห์ค่า RPN ของสาเหตุเครื่องไม่ทำงานตามการสั่งงาน ผลลัพธ์ที่ได้ปรากฏว่า ไม่มีแผนการบำรุงรักษามีค่า RPN สูงถึง 420 รองลงมาคือ ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องล้างจานเสื่อมสภาพมีค่า RPN 400 ซึ่งทั้งสองสาเหตุจัดอยู่ในกลุ่มความเสี่ยงสูง และคู่มือเข้าใจยากจัดอยู่ในกลุ่มความเสี่ยงต่ำมีค่า RPN 224 จากการแบ่งระดับความเสี่ยงโดยค่า RPN ผู้วิจัยมุ่งเน้นการแก้ปัญหาที่กลุ่มความเสี่ยงสูง ได้แก่ ไม่มีแผนการบำรุงรักษาและชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องล้างจานเสื่อมสภาพ

หากสร้างแผนการบำรุงรักษาเครื่องล้างจาน จะรวมไปถึงการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องล้างจานก่อนการเสื่อมสภาพ ดังนั้นแผนการบำรุงรักษาของเครื่องล้างจาน จึงสามารถสร้างหรือกำหนดได้จากอายุการใช้งานหรือระยะเวลาการเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องล้างจาน โดยคำนวณได้จากค่าความน่าเชื่อถือของเครื่องล้างจาน เนื่องจากค่าความน่าเชื่อถือสามารถบ่งบอกอัตราการเสียของเครื่องล้างจานได้ กล่าวได้ว่าหากทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องล้างจานก่อนการชำรุดเสื่อมสภาพ จะส่งผลให้เครื่องล้างจานไม่เกิดการชำรุด

#### 2.4 ความน่าเชื่อถือของเครื่องล้างจาน

ผู้วิจัยนำข้อมูลของเครื่องล้างจาน รุ่น A เครื่องที่ A1 เนื่องจากข้อมูลการเสียและซ่อมของเครื่องจักรแต่ละเครื่องมีข้อมูลค่อนข้างใกล้เคียง จึงนำตัวอย่างกรณีการเสียเครื่องที่ A1 เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความน่าเชื่อถือของเครื่องล้างจาน โดยนำข้อมูลประวัติการบำรุงรักษาเครื่องล้างจานย้อนหลังปี พ.ศ.2562-2563 ระหว่างเดือนมกราคม ถึง ธันวาคมมาทำการวิเคราะห์ โดยมี

รายละเอียดการซ่อมและบำรุงรักษาชิ้นส่วนอุปกรณ์ดังตารางที่ 8

ข้อมูลความถี่การเสียของชิ้นส่วนอุปกรณ์และระยะเวลาการหยุดทำงานของเครื่องจักร สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

- เครื่องล้างจานเกิดการหยุดทำงาน เนื่องจาก สวิตช์เปิดปิด ต้องทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ 1 ครั้ง รวมเวลาซ่อมแล้วเท่ากับ 1.5 ชั่วโมง
- เครื่องล้างจานเกิดการหยุดทำงาน เนื่องจาก สวิตช์ทำงาน ต้องทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ 1 ครั้ง รวมเวลาซ่อมแล้วเท่ากับ 0.5 ชั่วโมง
- เครื่องล้างจานเกิดการหยุดทำงาน เนื่องจาก สวิตช์ประตู ต้องทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ 1 ครั้ง รวมเวลาซ่อมแล้วเท่ากับ 3 ชั่วโมง
- เครื่องล้างจานเกิดการหยุดทำงาน เนื่องจาก แม่เหล็กสวิตช์ประตูชำรุดเสียหาย ต้องทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ 3 ครั้ง รวมเวลาซ่อมแล้วเท่ากับ 16.5 ชั่วโมง

ตารางที่ 8 ความถี่การเสียและระยะเวลาเสียของชิ้นส่วนอุปกรณ์

ชิ้นส่วนอุปกรณ์	ความถี่การเสีย	ระยะเวลาเสีย (ชั่วโมง)
สวิตช์เปิดปิด	1	1.5
สวิตช์ทำงาน	1	0.5
สวิตช์ประตู	1	3
แม่เหล็กสวิตช์ประตู	3	16.5
สวิตช์วัดระดับน้ำ	0	0
โซลินอยด์วาล์ว	0	0



### 2.4.1 ค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักร (Mean Time Between Failure: MTBF)

ระยะเวลาเฉลี่ยก่อนการเสียหายแต่ละครั้ง ค่า MTBF เป็นการวัดสมรรถนะความเชื่อถือได้ เป็นเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามปกติระหว่างจุดการทำงาน เครื่องจักรที่มีสมรรถนะสูง เชื่อถือได้สูง หมายถึงมีค่า MTBF ที่ยาวนาน โดยสามารถคำนวณหาค่า MTBF ได้ดังสมการที่ 2

$$MTBF = \frac{\text{ระยะเวลาที่เครื่องจักรเดินทั้งหมด}}{\text{จำนวนครั้งที่ชำรุด}} \quad (2)$$

ค่า MTBF ที่ได้จากระยะเวลาการเดินเครื่องในที่นี้จากข้อมูลย้อนหลังจำนวนเวลาที่ใช้ในการทำงาน มีค่าเท่ากับ (365 วัน x 8 ชั่วโมง x 2 ปี) = 5,840 ชั่วโมง

อัตราการชำรุด (Failure Rate) เป็นตัวบอกความเสื่อมสภาพของเครื่องจักรในแต่ละช่วงเวลาการใช้งานซึ่งจะมีอัตราการเสียหายแตกต่างกัน อัตราการเสียหายจะเป็นส่วนกลับของ MTBF คือแสดงให้เห็นถึงความถี่ของการเกิดความเสียหายในช่วงเวลาหนึ่งๆ สามารถคำนวณหาอัตราการชำรุด ได้ดังสมการที่ 3

$$\text{Failure Rate } (\lambda) = \frac{1}{MTBF} \quad (3)$$

ค่า MTBF และ Failure rate คำนวณจากสมการที่ 2 และ 3 ตามลำดับ แสดงได้ดังตารางที่ 9

จากตารางที่ 9 จะสังเกตเห็นได้ว่าเนื่องจากแม่เหล็กสวิตช์ประตุมีการเปลี่ยนชิ้นส่วนสูงถึง 3 ครั้ง จึงทำให้ค่า MTBF ของชิ้นส่วนดังกล่าวเหลือเพียง 1,947 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับชิ้นส่วนประกอบอื่นๆ ที่มี MTBF 5,840 ชั่วโมง

### ตารางที่ 9 ค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักรและอัตราการเสียหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องจักร

ชิ้นส่วนอุปกรณ์	MTBF (ชั่วโมง)	อัตราการเสียหาย
สวิตช์เปิดปิด	5840	$1.7 \times 10^{-4}$
สวิตช์ทำงาน	5840	$1.7 \times 10^{-4}$
สวิตช์ประตู	5840	$1.7 \times 10^{-4}$
แม่เหล็กสวิตช์ประตู	1947	$5.1 \times 10^{-4}$
สวิตช์วัดระดับน้ำ	-	-
โซลินอยด์วาล์ว	-	-

### 2.4.2 ความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร (Reliability)

ค่าความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร [3-5] ของแต่ละชิ้นส่วนอุปกรณ์แสดงดังตารางที่ 10 สามารถคำนวณได้ดังสูตรต่อไปนี้

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (4)$$

โดยที่ R(t) = ค่าความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรอุปกรณ์

e = ค่าลอการิทึมธรรมชาติ (Natural logarithms) มีค่าประมาณ 2.71828

$\lambda$  = ค่าอัตราการเกิดความบกพร่องของเครื่องจักรอุปกรณ์ (Failure rate)

t = ช่วงเวลาที่พิจารณาความน่าเชื่อถือของกระบวนการผลิต



**ตารางที่ 10** ค่าความน่าเชื่อถือของชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องจักร

ชิ้นส่วนอุปกรณ์	ค่าความน่าเชื่อถือ
สวิตช์เปิดปิด	0.75
สวิตช์ทำงาน	0.75
สวิตช์ประตูลูก	0.75
แม่เหล็กสวิตช์ประตูลูก	0.42
สวิตช์วัดระดับน้ำ	1
โซลินอยด์วาล์ว	1

ค่าความน่าเชื่อถือต่ำ หมายความว่า อัตราการเสียหาย ในทางกลับกันหากค่าความน่าเชื่อถือยิ่งสูง หมายความว่าอัตราการเสียหายยิ่งต่ำ หากค่าความน่าเชื่อถือ เท่ากับ 1 หมายความว่าเครื่องจักรนั้นไม่มีอัตราการเสียหาย จากค่าความน่าเชื่อถือของชิ้นส่วนอุปกรณ์แต่ละชนิด ความน่าเชื่อถือของแม่เหล็กสวิตช์ประตูลูก มีค่าความน่าเชื่อถือต่ำที่สุด 0.42 และ สวิตช์เปิดปิด สวิตช์ทำงาน สวิตช์ประตูลูก ตามลำดับความน่าเชื่อถือจากน้อยไปมาก สามารถแสดงรูปภาพของชิ้นส่วนอุปกรณ์ทั้ง 6 ชนิดได้ดังรูปที่ 7-12 และอธิบายการทำงานได้ดังตารางที่ 11



รูปที่ 7 สวิตช์เปิดปิด



รูปที่ 8 สวิตช์ทำงาน



รูปที่ 9 สวิตช์ประตูลูก



รูปที่ 10 แม่เหล็กสวิตช์ประตูลูก



รูปที่ 11 สวิตช์วัดระดับน้ำ



รูปที่ 12 วาล์วเปิดปิด

ตารางที่ 11 แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องล้างจาน

ชิ้นส่วน	หน้าที่	รูปแบบ ความ เสียหาย	ผลกระทบ ความ เสียหาย	สาเหตุของ ความ เสียหาย	การ บำรุงรักษา เชิงป้องกัน	รูปแบบ	ความถี่
สวิตช์ เปิดปิด	เปิดปิดการ ทำงานทั้งหมด ของเครื่อง ล้างจาน	ไม่ทำงาน	เครื่องจักรไม่ สามารถเริ่ม ทำงาน	เสื่อมสภาพ จากการใช้งาน	กำหนด MTBF	TBM	1.5 ปี/ครั้ง
สวิตช์ ทำงาน	เริ่มต้น กระบวนการ ทำงานของเครื่อง ล้างจาน	ไม่ทำงาน	เครื่องจักรไม่ สามารถเริ่ม ทำงาน	เสื่อมสภาพ จากการใช้งาน	กำหนด MTBF	TBM	1.5 ปี/ครั้ง
สวิตช์ ประตู	ตรวจสอบความ ปลอดภัยก่อน เริ่มกระบวนการ การทำงาน	ไม่ทำงาน	เครื่องจักร หยุด	เสื่อมสภาพ จากการใช้งาน	กำหนด MTBF	TBM	1.5 ปี/ครั้ง
แม่เหล็ก สวิตช์ ประตู	ตรวจสอบความ ปลอดภัยก่อน เริ่มทำงาน	ไม่ทำงาน	เครื่องจักร หยุด	เสื่อมสภาพ จากการใช้งาน	กำหนด MTBF	TBM	2 ครั้ง/ปี

หมายเหตุ: การบำรุงรักษาตามรอบเวลา (Time-Based Maintenance: TBM) การซ่อมเมื่อเสียหาย (Run to Failure: RTF)



จากตารางที่ 10 สามารถสรุปออกมาได้ดังรูปที่ 13 ซึ่งเป็นชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องล้างจานที่แสดงออกมาในรูปแบบแผนผังชิ้นส่วนอุปกรณ์ โดยกำหนดให้ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับสาเหตุการเสียเครื่องไม่ทำงานตามการสั่งงาน มีค่าความน่าเชื่อถือเท่ากับ 1

### 2.4.3 การประเมินค่าความน่าเชื่อถือ

การคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือทั้งระบบของเครื่องล้างจาน ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันของแต่ละอุปกรณ์แบบอนุกรมและขนาน ใช้ค่าความน่าเชื่อถือโดยอ้างอิงจากตารางที่ 10 และสมการการคำนวณสมการที่ 5

$$\prod_{j=1}^{12} R_j = R_1 \times R_2 \times \dots \times R_{12} \quad (5)$$

$$R = 0.75 \times 0.75 \times 0.75 \times 0.42$$

$$R = 0.17$$

จากค่าความน่าเชื่อถือของระบบเครื่องจักร [6] เท่ากับ 0.17 สามารถกล่าวได้ว่าโอกาสที่เครื่องจักรเสีย มีมากถึง 83% และโอกาสที่เครื่องจักรยังสามารถเดินเครื่องได้ มีอัตรา 17%

### 2.5 การกำหนดช่วงระยะเวลาการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ค่าความน่าเชื่อถือ (R (t)) จากวิศวกรรมความน่าเชื่อถือ (Reliability Engineering) [2] สามารถหาคาบเวลาที่เหมาะสมในการเข้าตรวจสอบสภาพชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่มีระดับความน่าเชื่อถือต่ำของชิ้นส่วนของเครื่องล้างจาน โดยสามารถคำนวณระยะเวลาการบำรุงรักษา [7] ได้ดังสมการที่ 6 [8]

ผู้วิจัยได้เลือกระดับความน่าเชื่อถือที่ 50% [8] โดยรอบเวลาการบำรุงรักษาที่ได้สามารถนำมาใช้งานได้จริง กล่าวคือ ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องจักรจะมีชั่วโมงการใช้งานตามคาบเวลาไปเรื่อยๆ กระทั่งค่าความน่าเชื่อถือลดลงจนถึงระดับความเชื่อมั่นที่ 50% จากนั้นทีมช่างจะเข้าทำการบำรุงรักษาตามแผนงานเพื่อให้ชิ้นส่วนอุปกรณ์มีสภาพพร้อมใช้งานต่อไป

โดยระยะเวลาการบำรุงรักษาของสวิตช์เปิดปิดสวิตช์ทำงาน และสวิตช์ประตู สามารถคำนวณได้โดยการแทนค่าในสมการที่ 6 ดังต่อไปนี้

$$t = -\ln R(t) \times MTBF \quad (6)$$

$$t = -\ln (0.5) \times 5840$$

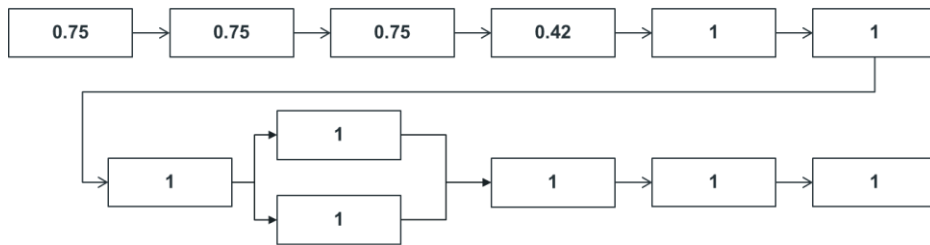
$$t = 4047.98$$

ระยะเวลาการบำรุงรักษาของแม่เหล็กสวิตช์ประตูสามารถคำนวณได้โดยการแทนค่าในสมการที่ 6 ดังต่อไปนี้

$$t = -\ln (0.5) \times 1947$$

$$t = 1349.33$$

จากช่วงระยะเวลาข้างต้น 4047.98 และ 1349.33 ชั่วโมง เมื่อนำมาคิดช่วงเวลาในการจัดแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยเครื่องล้างจานทำงานวันละ 8 ชั่วโมง สามารถสรุปได้ว่าต้องทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์สวิตช์เปิดปิด สวิตช์ทำงาน และสวิตช์ประตู ทุกๆ 1.5 ปี และทำการเปลี่ยนแม่เหล็กสวิตช์ประตู ทุกๆ 6 เดือน



รูปที่ 13 ค่าความน่าเชื่อถือของชิ้นส่วนอุปกรณ์

## 2.6 การสร้างแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและการนำไปใช้งาน

ผู้วิจัยได้จัดทำแผนการบำรุงรักษาเพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องจักรหยุดทำงานก่อนการซ่อมบำรุง โดยกำหนดแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน [5, 9, 10] แสดงดังตารางที่ 11

## 3. ผลการวิจัย/ทดลองและการอภิปรายผล

### 3.1 ผลการวิจัย

จากขั้นตอนและวิธีการวิจัย การจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยใช้วิธีการวิเคราะห์อายุการใช้งานของชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่มีอัตราการก่อให้เกิดการหยุดทำงานของเครื่องจักรสูงด้วยการคำนวณค่าความน่าเชื่อถือ โดยนำแผนการบำรุงรักษาดังกล่าว ปรับใช้เข้ากับเครื่องล้างจานรุ่น A และเก็บผลการดำเนินการซ่อมเครื่องจักร ผลลัพธ์ที่ได้สามารถสังเกตได้จากความถี่ในการซ่อมเครื่องจักรก่อนและหลังการปรับใช้แผนการบำรุงรักษา ดังแสดงในตารางที่ 12

จากข้อมูลความถี่ในการซ่อมตารางที่ 12 สังเกตได้ว่าจำนวนครั้งในการซ่อมหลังปรับใช้แผนการบำรุงรักษา ลดลงจากก่อนปรับใช้แผนการบำรุงรักษาด้วยการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ด้วยความถี่ดังตารางที่ 11 อย่างเห็นได้ชัดเจน

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบความถี่ในการซ่อมเครื่องจักรก่อนและหลังการประยุกต์ใช้แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

เดือน	ความถี่การซ่อม	
	ก่อน	หลัง
เดือนที่ 1	216	189
เดือนที่ 2	365	265
เดือนที่ 3	254	184
เดือนที่ 4	279	178
เดือนที่ 5	248	149

โดยมีการนำข้อมูลดังกล่าววางแผนงานบำรุงรักษาผ่านโปรแกรม CMMS (Computerized Maintenance Management System) หรือระบบบริหารงานซ่อมบำรุงเครื่องจักรด้วยการใช้ระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยแก้ไขปัญหา หาย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ถูกออกแบบมาเพื่อเก็บข้อมูลงานซ่อมและบำรุงรักษาทั้งหมดในองค์กร กล่าวคือเมื่อผู้วิจัยได้นำโปรแกรม CMMS เข้ามาประยุกต์ใช้กับแผนการบำรุงรักษา ทำให้เข้าบำรุงรักษาตามแผนงานได้ตรงเวลา มีการซ่อมบำรุงครบถ้วนทุกหัวข้อที่กำหนดไว้ และเก็บข้อมูลการซ่อมและบำรุงรักษาได้อย่างแม่นยำอีกด้วย



กล่าวได้ว่าแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้ผลลัพธ์ของความถี่ในการซ่อมเครื่องจักรในทิศทางที่ดี นอกจากนี้ข้อมูลความน่าเชื่อถือของชิ้นส่วนอุปกรณ์และความน่าเชื่อถือของระบบเครื่องล้างจาน รุ่น A เครื่องที่ A1 ก่อนและหลังการปรับใช้แผนการบำรุงรักษา แสดงได้ดังตารางที่ 13

#### 4. บทสรุป

จากงานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าผู้วิจัยได้ทำการเลือกเครื่องล้างจาน รุ่น A เนื่องจากมีความถี่ในการซ่อมมากที่สุดถึง 37.13% จากจำนวนเครื่องล้างจานทั้งหมด และเลือกข้อมูลเครื่องที่ A1 เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูล เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลอาการเสียที่ทำให้เกิดการชำรุดขัดข้องของเครื่องจักรด้วยแผนภูมิพาเรโตพบว่า เครื่องไม่ทำงานตามการสั่งงานเป็นอาการเสียที่พบมากที่สุดถึง 81% จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของเครื่องไม่ทำงานตามการสั่งงานด้วยแผนภูมิแก๊งปลาพบว่า มีสาเหตุมาจาก 1. ชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องล้างจานเสื่อมสภาพ 2. คู่มือเข้าใจยาก และ 3. ไม่มีแผนการบำรุงรักษา เมื่อนำ RPN มาช่วยในการจัดกลุ่มระดับค่าความเสี่ยงของแต่ละสาเหตุทำให้ทราบว่า ไม่มีแผนการบำรุงรักษาและชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องล้างจานเสื่อมสภาพจัดอยู่ในกลุ่มความเสี่ยงสูง จึงดำเนินการแก้ไขที่ 2 สาเหตุดังกล่าว แนวทางในการแก้ไขคือต้องทำการจัดทำแผนการบำรุงรักษาเพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นส่วนอุปกรณ์เสื่อมสภาพ จึงนำค่าความน่าเชื่อถือมาใช้ในการคำนวณหาอายุการใช้งานของชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อสร้างแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ผลลัพธ์ที่ได้จากการนำแผนการบำรุงรักษาไปปรับใช้ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 14 ดังนี้

ตารางที่ 13 ค่าความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรก่อนและหลังการประยุกต์ใช้แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ชิ้นส่วนอุปกรณ์	MTBF (ชั่วโมง)		ค่าความน่าเชื่อถือ	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สวิตช์เปิดปิด	5840	-	0.75	1
สวิตช์ทำงาน	5840	-	0.75	1
สวิตช์ประตู	5840	-	0.75	1
แม่เหล็กสวิตช์ประตู	1947	2920	0.42	0.56
สวิตช์วัดระดับน้ำ	-	-	1	1
โซลินอยด์วาล์ว	-	-	1	1

หมายเหตุ: ค่าความน่าเชื่อถือของชิ้นส่วนอุปกรณ์แต่ละชนิดมีค่าที่สูงขึ้นจากเดิม เนื่องจากค่าเฉลี่ยระหว่างการเสียหาย (Mean Time Between Failure: MTBF) [5] ของชิ้นส่วนอุปกรณ์มีระยะเวลาที่สูงขึ้นและจำนวนครั้งที่เสียมีจำนวนลดลงด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 14 สรุปค่าความน่าเชื่อถือและความถี่ในการซ่อมเครื่องจักรระหว่างก่อนและหลังการประยุกต์ใช้แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ตัวชี้วัด	ก่อน	หลัง
ค่าความน่าเชื่อถือ	0.17	0.56
เปอร์เซ็นต์การซ่อม	37.13%	29.50%

การนำค่าความน่าเชื่อถือ อายุการใช้งานของชิ้นส่วน และแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องล้างจาน พบว่าแผนการทำงานของเครื่องล้างจานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้สามารถดำเนินการใช้งานเครื่องจักรได้ยาวนานขึ้น เครื่องจักรเสียหายลดลง อีกทั้งยังลดต้นทุนการซ่อมอีกด้วย



## 5. กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินการศึกษาและวิจัยในครั้งนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอบพระคุณบริษัทกรณีศึกษาที่ได้สนับสนุนข้อมูลในการดำเนินการศึกษาและวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งผู้จัดการแผนก พนักงานและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้กรุณาให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Preechawattanasakul, The increasing of the effectiveness of the weaving machine by using preventive maintenance plan, Thesis, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand, 2007.
- [2] B. Lamesawan, Drill bush automobile parts productivity efficiency improvement by using quality control principle: Case study of R&D precision CO., LTD., Thesis, Rajabhat Rajanagarindra University, Thailand. 2013.
- [3] P. Sutthiprapapisit, Analysis of error characteristic of the impact by using FMEA in the production of plastic product for consumption, Thesis, Chiang Mai University, Thailand, 2019. (in Thai)
- [4] K. Inhun and T. Laosirihongtong, Prioritization of failure modes by using fuzzy analytic hierarchy process (FAHP): A case study electronics parts/components manufacturing process, The Journal of KMUTNB, 2016, 26(3), 427-436. (in Thai)
- [5] R. Kanchana, S. Triwanapong and K. Kimapong, Identifying preventive maintenance guidelines for rice combine harvester with application of failure mode and effect analysis technique, Journal of Engineering, RMUTT, 2020, 18(2), 35-45. (in Thai)
- [6] E. Kongboonsod, Analysis of reliability and unreliability cost for maintenance management; Case application of continuous process in petrochemical industry, Thesis, Kasetsart University, Thailand, 2010.
- [7] K. Jitjooon, Productivity improvement by reliability centered maintenance: A case study of machinery parts factory, Thesis, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand, 2007.
- [8] P. Klomjit and S. Baoulan, Machine availability improvement for automotive parts manufacturing industry by reliability centered maintenance (RCM), Journal of Industrial Technology Ubon Ratchathani Rajabhat University, 2013, 3(6), 94-104. (in Thai)
- [9] J. Moubray, Reliability-centered maintenance, 1<sup>st</sup> Ed., Industrial Press Inc., NY, USA, 1992.
- [10] H.R. Zadry, D.A. Saputra, A.B. Tabri, D. Meilani and D. Rahmayanti, Failure modes and effects analysis (FMEA) for evaluation of a sugarcane machine failure, MATEC Web of Conferences (IMIEC 2018), 2018, 204, 01012.