

**แนวทางการลดอัตราการปฏิเสธร่นในกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้าชนิดยืดหยุ่น****Lot Rejection Rate Reduction Approach****ธวัชชัย ลือกุลวัฒน์ชัย<sup>1\*</sup> และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์<sup>2</sup>****คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์<sup>1\*</sup>****คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์<sup>2</sup>****Tawatchai Luekunwattanachai<sup>1\*</sup> and Jirarat Teeravaraprug<sup>2</sup>****Faculty of Engineering, Thammasat University<sup>1\*</sup>****Faculty of Engineering, Thammasat University<sup>2</sup>****E-mail : tawatchai.lue.mint@gmail.com<sup>1\*</sup>, tjirarat@engr.tu.ac.th<sup>2</sup>****บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาแนวทางการลดอัตราการปฏิเสธร่นในกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้าชนิดยืดหยุ่นในกระบวนการประกันคุณภาพขาออก ของผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่กำลังประสบปัญหาอัตราการปฏิเสธร่นมีค่าสูงถึง 5.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกินกว่ามาตรฐานที่บริษัทกำหนดไว้ คือ 2 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นงานวิจัยจึงหาแนวทางในการลดอัตราการปฏิเสธร่นในระบบประกันคุณภาพขาออก โดยจะทำการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย ซึ่งเป็นกระบวนการก่อนหน้ากระบวนการประกันคุณภาพขาออก งานวิจัยนี้เริ่มจากการศึกษากระบวนการทำงานในปัจจุบัน หลังจากนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของการด้อยประสิทธิภาพของกระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย โดยใช้แผนภูมิแกงปลา ซึ่งจากการศึกษาพบว่า สาเหตุหลักของการด้อยประสิทธิภาพเกิดจาก คน วิธีการ เครื่องจักร และวัตถุดิบ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพโดยได้ปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบ ทั้งในด้านของการประเมินสมรรถนะของพนักงานและการเปลี่ยนวิธีการตรวจสอบ หลังจากการดำเนินงานทดสอบตามแนวทางที่ได้นำเสนอ พบว่า อัตราการปฏิเสธร่นโดยเฉลี่ยลดลงจากเดิม 5.6 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.46 เปอร์เซ็นต์ หรือ คิดเป็น 91.79 เปอร์เซ็นต์

**คำสำคัญ :** อัตราการปฏิเสธร่น การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบนับ การปรับปรุงการตรวจสอบ**Abstract**

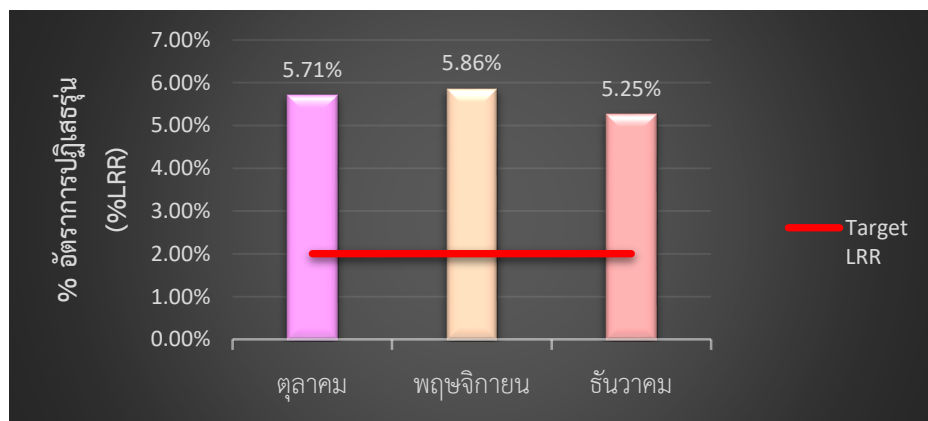
This research aims to study a means to reduce Lot Rejection Rate (LRR) in outgoing quality assurance process of a flexible printed circuit board industry. A case study of this research is a new model flexible printed circuit board. Currently, the case study faces with the problem of high LRR (5.6 percent), which is higher than the acceptable LRR of the case study (2 percent). This research then gives an attempt to reduce LRR in outgoing quality assurance process by increasing the final inspection process efficiency. The final inspection process is a process prior to the outgoing

assurance process. The research starts with the study of current process. Then an analysis is given to determine the main causes of the problem by using fish bone diagram. Based on the analysis, it is found that the main causes are people, method, machine, and material. This research presents a means to improve the process efficiency by improving the inspection process. Employee performance evaluation and the inspection process procedure are changed. After testing the means, it is found that LRR is reduced from 5.6 percent to 0.46 percent, which is 91.79 percent.

**Keywords :** Lot rejection rate, Attribute measurement system analysis, Inspection improvement

## 1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ามามีบทบาทต่อการใช้ชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ประเทศไทยมีการผลิตผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้ทั้งเพื่อการใช้ภายในประเทศ และการส่งออกทำให้อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นอุตสาหกรรมหลักประเภทหนึ่ง การผลิตแผงวงจรไฟฟ้าชนิดยืดหยุ่นเป็นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับอิเล็กทรอนิกส์การเพิ่มขึ้นของความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ ส่งผลให้อุตสาหกรรมการผลิตแผงวงจรไฟฟ้าชนิดยืดหยุ่นมีความต้องการมากขึ้นอุตสาหกรรมนี้ศึกษาเป็นอุตสาหกรรมที่ทำการผลิตแผงวงจรไฟฟ้าชนิดยืดหยุ่นแห่งหนึ่ง ผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ผลิตภัณฑ์หนึ่ง ของอุตสาหกรรมนี้ศึกษาประสบปัญหาอัตราการปฏิเสธรุ่น (Lot Rejection Rate) ในกระบวนการประกันคุณภาพขาออก (Outgoing Quality Assurance) มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 5.6% ซึ่งมากกว่ามาตรฐานที่ยอมรับได้คือ 2% ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 อัตราการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์กรณีศึกษาที่ผ่านการตรวจจากกระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย

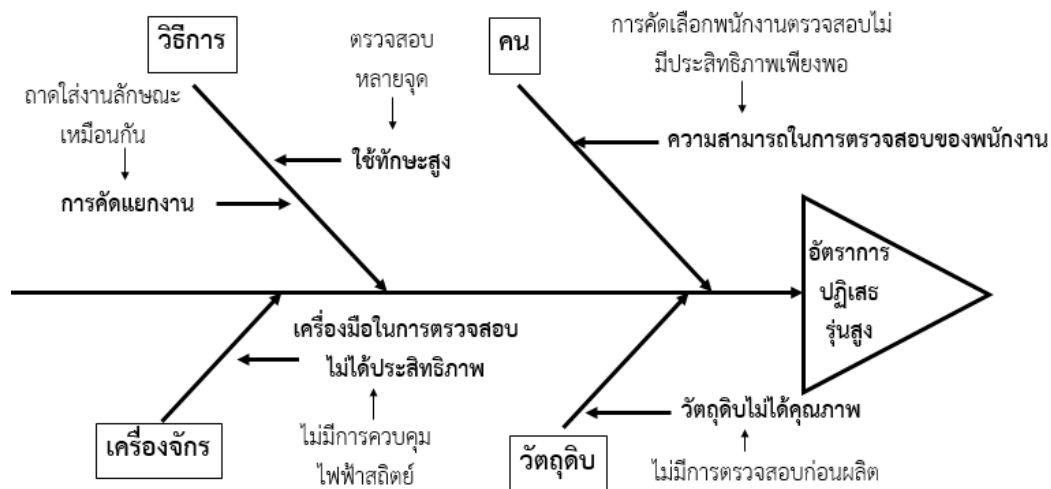
ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการลดอัตราการปฏิเสธรุ่นในกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้าชนิดยืดหยุ่น เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของกรณีศึกษาก็คือ อัตราการปฏิเสธรุ่นมีค่าไม่เกิน 2% โดยจะทำการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย (Final Inspection) ซึ่งเป็นกระบวนการก่อนหน้ากระบวนการประกันคุณภาพขาออก การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้ายนี้จะทำให้ของเสียไม่ถูกส่งต่อไปยังกระบวนการประกันคุณภาพขาออก ซึ่งจะให้อัตราการปฏิเสธรุ่นลดลง โดยใช้แนวทางจากงานวิจัยของผู้วิจัยท่านอื่น เช่น ภาณุเทพ อธิปัญญาพันธ์ และจิตรา รุ่งกิจการพานิช [1] การปรับปรุงมาตรฐานการตรวจสอบ

คุณภาพในการผลิตสิ่ง โดยงานวิจัยใช้การประยุกต์ทฤษฎีวิเคราะห์ระบบการวัดแบบนับในขั้นตอนการประเมินความสามารถของพนักงานตรวจสอบ โดยพบว่าพนักงานแต่ละคนมีความสามารถที่แตกต่างกัน ความแม่นยำและความเที่ยงตรงต่ำ แก้ไขปัญหาโดยการ จัดทำมาตรฐานวิธีการตรวจสอบ ผูกอบรมและควบคุมให้อยู่ในมาตรฐาน วสันต์ พุกผาสุข และ อรรถกร เก่งพล [2] ประยุกต์ใช้ระบบการวัดข้อมูลแบบนับในโรงงานตัวอย่างเพื่อหาสาเหตุของการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต อุบลรัตน์ หวังรัชตีสกุล ไอลดา ภูม่นวาท และพรศักดิ์ ศรีสังสิทธิ์สันติ [3] การปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เพื่อลดอัตราการการปฏิเสธร่น โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพการตรวจสอบงานของพนักงาน ซึ่งใช้การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบนับมาประยุกต์ใช้ในการประเมินสมรรถนะพนักงานรายบุคคล

## 2. วิธีการวิจัย (Methodology)

### 2.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนภูมิแก๊งปลา (Fishbone diagram) จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยแบ่งเป็นสาเหตุจาก คน (Man) วิธีการ (Method) เครื่องจักร (Machine) และวัตถุดิบ (Materials) ดังรูปที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิแก๊งปลา



รูปที่ 2 แผนภูมิแก๊งปลาของสาเหตุการเกิดอัตราการปฏิเสธร่นสูง

จากรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าทั้งคน วิธีการ เครื่องจักร และวัตถุดิบ มีส่วนที่ทำให้เกิดปัญหา โดยในส่วนของคนที่อาจมีความสามารถในการตรวจสอบของพนักงานไม่เพียงพอ ซึ่งอาจมีผลจากเกณฑ์การคัดเลือกพนักงานตรวจสอบที่ไม่เหมาะสม โดยในปัจจุบันมีเกณฑ์การคัดเลือกพนักงานในกระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้ายดังแสดงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** เกณฑ์การคัดเลือกพนักงานในกระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย

ดัชนีตัวชี้วัด	เกณฑ์การยอมรับ
% ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบ (% Repeatability)	> 80 %
% ความสามารถที่ผลตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง (% Attribute score)	> 80 %

ในส่วนของวิธีการ ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ประเด็นในการพิจารณา คือ การคัดแยกงาน และการใช้ทักษะสูง โดยในด้านการคัดแยกงานนั้น พนักงานอาจเกิดความสับสนในการแยกงาน เนื่องจากสภาพใส่งานของดีและของเสียมีลักษณะและสีเดียวกัน ในด้านการใช้ทักษะสูงนั้น เนื่องจากการตรวจสอบแต่ละครั้งนั้นจะต้องพิจารณาถึง 20 จุดตรวจสอบ ทำให้พนักงานอาจจะเกิดความผิดพลาดในการทำงานได้

ในด้านเครื่องจักรนั้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่กำลังพิจารณาอยู่นี้เป็นผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ควรมีการควบคุมไฟฟ้าสถิตย์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า เครื่องมือในการตรวจสอบมิได้มีการควบคุมแต่อย่างใด สุดท้ายในส่วนของวัตถุดิบ ซึ่งพบว่า ปัญหานี้อาจเกิดจากวัตถุดิบเข้าที่ไม่ได้คุณภาพและไม่มีการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบก่อนที่จะนำเข้าสู่กระบวนการผลิต

## 2.2 แนวทางในการลดอัตราการปฏิเสธรุ่น

จากการวิเคราะห์ปัญหาในแผนภูมิแกงปลา สามารถนำไปสู่การแก้ไขปัญหาดังนี้

### 1. คน

- เกณฑ์การคัดเลือกพนักงานตรวจสอบ : ประยุกต์ใช้ทฤษฎีวิเคราะห์ระบบการวัดแบบนับ [4] ในกระบวนการตรวจสอบสุดท้าย โดยกำหนดขนาดของตัวอย่างแนะนำในการทดสอบตามมาตรฐาน [5] โดยใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจตาม ตารางที่ 2-3 ถ้าพบว่าประสิทธิภาพของพนักงานไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ต้องทำการอบรมและทดสอบ จนกระทั่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยทำการตรวจวัดประสิทธิภาพของพนักงานทุกๆ 6 เดือน

**ตารางที่ 2** เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจดัชนีแสดงความสามารถของพนักงานแต่ละคน [6]

การตัดสินใจ	$O_E$	$I_{FA}$	$I_{MISS}$
ยอมรับพนักงานทดสอบได้	$\geq 90\%$	$\leq 5\%$	$\leq 2\%$
ยอมรับแบบก้ำกึ่ง (ต้องมีการปรับปรุง)	$\geq 80\%$	$\leq 10\%$	$\leq 5\%$
ไม่ยอมรับ (ต้องอบรมและทำการทดสอบใหม่)	$< 80\%$	$> 10\%$	$> 5\%$

ตารางที่ 3 เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจสัมประสิทธิ์ค้ำปา [6]

ค่าสัมประสิทธิ์ค้ำปา (K)	ความหมายในแต่ละระดับ
[0.0 – 0.4]	ไม่ยอมรับ (ต้องอบรมและทำการทดสอบใหม่)
(0.40 – 0.75)	ยอมรับแบบกำกวม (ต้องมีกาปรับปรุง)
[0.75 – 1.00]	ยอมรับพนักงานทดสอบได้

เมื่อทำการประยุกต์ใช้ทฤษฎีวิเคราะห์ระบบการวัดแบบนับมาวัดประสิทธิภาพของพนักงานก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง ดังรูปที่ 3 และ 4 ตามลำดับ พบว่ามีพนักงานที่ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการตรวจชิ้นงาน ดังนั้นเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพของพนักงานที่มีอยู่ ไม่เพียงพอต่อการวัดประสิทธิภาพของพนักงาน

พนักงาน	กะเช้า						กะเช้า					
	% Repeatability	% Attribute score	Kappa	O <sub>e</sub>	I <sub>MISS</sub>	I <sub>FA</sub>	% Repeatability	% Attribute score	Kappa	O <sub>e</sub>	I <sub>MISS</sub>	I <sub>FA</sub>
1	94.44%	88.89%	0.85	92.59%	5.56%	1.85%	88.89%	88.89%	0.89	94.44%	1.85%	3.70%
2	83.33%	83.33%	0.85	92.59%	3.70%	3.70%	94.44%	88.89%	0.81	90.74%	5.56%	3.70%
3	83.33%	83.33%	0.81	90.74%	3.70%	5.56%	83.33%	83.33%	0.89	94.44%	3.70%	1.85%
4	88.89%	88.89%	0.93	96.30%	1.85%	1.85%	88.89%	83.33%	0.78	88.89%	5.56%	5.56%
5	88.89%	83.33%	0.74	87.04%	5.56%	7.41%	88.89%	83.33%	0.81	90.74%	3.70%	5.56%
6	88.89%	83.33%	0.78	88.89%	5.56%	5.56%	94.44%	88.89%	0.81	90.74%	3.70%	5.56%
7	88.89%	88.89%	0.89	94.44%	1.85%	3.70%	83.33%	83.33%	0.89	94.44%	1.85%	3.70%
8	88.89%	88.89%	0.81	90.74%	3.70%	5.56%	94.44%	88.89%	0.85	92.59%	5.56%	1.85%

รูปที่ 3 ผลการวัดประสิทธิภาพของพนักงานก่อนทำการปรับปรุง

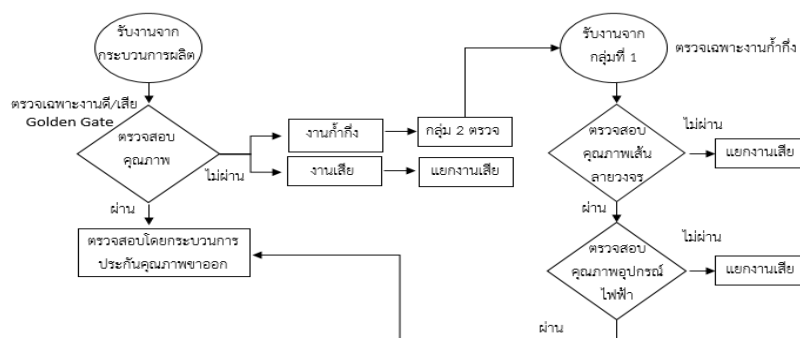
พนักงาน	กะเช้า						กะเช้า					
	% Repeatability	% Attribute score	Kappa	O <sub>e</sub>	I <sub>MISS</sub>	I <sub>FA</sub>	% Repeatability	% Attribute score	Kappa	O <sub>e</sub>	I <sub>MISS</sub>	I <sub>FA</sub>
1	94.40%	94.40%	0.96	98.15%	1.85%	0.00%	100.00%	100.00%	1.00	100.00%	0.00%	0.00%
2	94.40%	94.40%	0.96	98.15%	0.00%	1.85%	94.40%	94.40%	0.96	98.15%	1.85%	0.00%
3	94.40%	94.40%	0.96	98.15%	0.00%	1.85%	88.89%	88.89%	0.93	96.30%	1.85%	1.85%
4	100.00%	100.00%	1.00	100.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	1.00	100.00%	0.00%	0.00%
5	88.89%	88.89%	0.93	96.30%	1.85%	1.85%	94.40%	94.40%	0.96	98.15%	1.85%	0.00%
6	94.40%	94.40%	0.96	98.15%	1.85%	0.00%	94.40%	94.40%	0.96	98.15%	1.85%	0.00%
7	100.00%	100.00%	1.00	100.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	1.00	100.00%	0.00%	0.00%
8	100.00%	100.00%	1.00	100.00%	0.00%	0.00%	88.89%	88.89%	0.93	96.30%	1.85%	1.85%

รูปที่ 4 ผลการวัดประสิทธิภาพของพนักงานหลังทำการปรับปรุง

## 2. วิธีการ

- ตรวจสอบหลายจุด : แบ่งประเภทงานเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ งานดี งานเสีย และงานกำกวม โดยทำการ

แบ่งพนักงานออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ตรวจสอบงานดี และงานเสียเท่านั้น (Golden Gate) กลุ่มที่ 2 ตรวจสอบเฉพาะงานก้ำกึ่ง โดยที่งานก้ำกึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 จุดใหญ่ๆ คือ เส้นลายวงจร และอุปกรณ์ทางไฟฟ้า ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 วิธีการตรวจสอบชิ้นงานหลังจากปรับปรุง

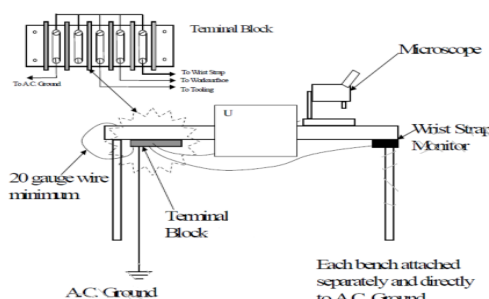
- ถาดใส่งานลักษณะเหมือนกัน : แยกถาดใส่งานดี/เสีย ให้มีลักษณะที่ไม่เหมือนกันเพื่อไม่ให้เกิดความสับสนโดยใช้ ถาดใส่งานดีเป็นสีดำ และถาดใส่งานเสียเป็นสีแดง ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ลักษณะถาดใส่งานดี/เสีย

### 3. เครื่องจักร

- ไฟฟ้าสถิตย์ : ต่อกราวด์เข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ดังรูปที่ 7 และใช้แผ่นยางรองโต๊ะ รวมถึงที่วางงานได้กลิ้งกำลังขยาย จากนั้นทำการวัดค่าทางไฟฟ้าให้อยู่ในมาตรฐานสากล [5] โดยใช้เกณฑ์การวัดตาม ตารางที่ 4 และทำการควบคุมโดยการวัดและบันทึกผลทุก 1 เดือน



รูปที่ 7 วิธีการต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับระบบกราวด์

ตารางที่ 4 มาตรฐานการตรวจวัดระบบไฟฟ้าสถิตย์ [7]

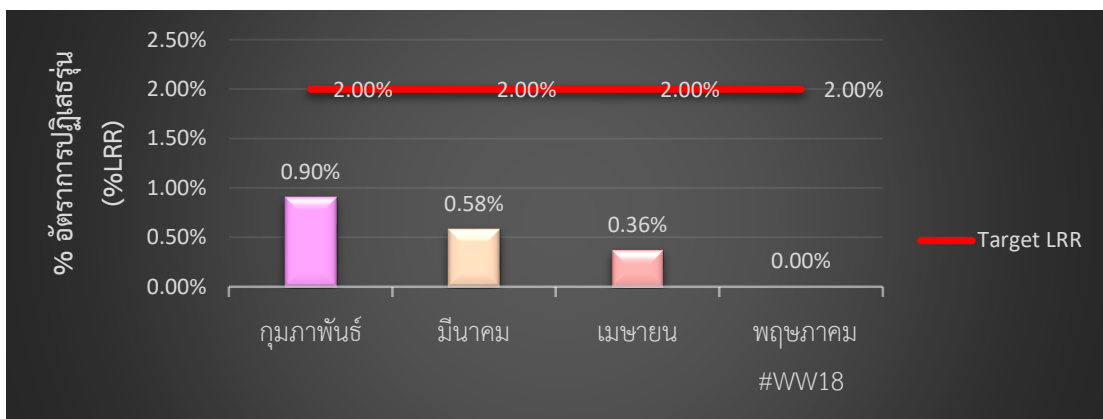
อุปกรณ์	มาตรฐานการตรวจสอบ	ข้อกำหนดที่ต้องการ
ระบบสายรัดข้อมือ (Wrist Strap)	ANSI/ESD TR53 Wrist Strap	$< 3.5 \times 10^7$ ohm
โต๊ะ, กล้องกำลังขยาย ที่รองด้วย แผ่นยาง	วัดความต้านทานระหว่างกราวด์ วัดไฟฟ้าสถิตย์	$< 1 \times 10^9$ ohm $< +/- 35$ Volts

#### 4. วัดตุลิต

- ไม่มีการตรวจสอบวัดตุลิตก่อนเข้ากระบวนการผลิต : เพิ่มกระบวนการตรวจสอบวัดตุลิตก่อนเข้ากระบวนการผลิต (Incoming Quality Control) โดยทำการสุ่มตรวจในแต่ละกลุ่ม หากสุ่มเจอจะทำการปฏิเสธกลุ่มนั้นทันที

### 3. ผลการวิจัย (Results)

หลังจากปฏิบัติตามแนวทางในการลดอัตราการปฏิเสธรุ่นตามแผนภูมิแก๊งปลา และติดตามผลในกระบวนการประกันคุณภาพขาออก พบว่าอัตราการปฏิเสธรุ่นลดลงโดยเฉลี่ยจาก 5.6% เหลือ 0.46% โดยอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าที่บริษัทกำหนดคือ 2% ดังรูปที่ 8 ซึ่งแสดงค่าอัตราการปฏิเสธรุ่น ในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ – พฤษภาคม 2561



รูปที่ 8 อัตราการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ A ที่ผ่านการตรวจจากกระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย และตรวจพบโดยกระบวนการประกันคุณภาพขาออก หลังการปรับปรุง

### 4. การอภิปรายผลและสรุป (Discussion and Conclusion)

จากผลการดำเนินการปรับปรุงใน 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ 1.คน โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีวิเคราะห์ระบบการวัดแบบนับ ในการประเมินพนักงานตรวจสอบชิ้นงานในกระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย เพื่อวิเคราะห์สมรรถนะของพนักงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น 2.วิธีการ โดยปรับเปลี่ยนวิธีการตรวจสอบชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยที่จาก

เดิมพนักงานแต่ละคนตรวจทั้ง งานดี งานเสีย และงานก้ำกึ่ง เปลี่ยนเป็นการแบ่งกลุ่มตรวจ คือการตรวจงานดี/เสีย 1 กลุ่ม ตรวจงานก้ำกึ่งอีก 1 กลุ่ม และปรับเปลี่ยนลักษณะของภาตใส่งานไม่ให้เหมือนกันเพื่อไม่ก่อให้เกิดความสับสนในการตรวจงาน 3.เครื่องจักร โดยทำการป้องกันไฟฟ้าสถิตย์จากอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ โดยการต่อลงกราวด์ และตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าให้อยู่ในมาตรฐานสากล 4.วัตถุดิบ โดยเพิ่มกระบวนการตรวจสอบวัตถุดิบก่อนเข้ากระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ A หลังจากดำเนินการปรับปรุงตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นพบว่า อัตราการปฏิเสธรุ่นที่ตรวจพบในกระบวนการประกันคุณภาพขาออกลดลงโดยเฉลี่ยจาก 5.6% เหลือ 0.46% โดยคิดเป็น 91.79 เปอร์เซนต์ ส่งผลให้ความน่าเชื่อถือของบริษัทเพิ่มขึ้น และอีกทั้งยังเป็นการเพิ่มศักยภาพทางการแข่งขันในตลาดเพื่อสร้างความได้เปรียบคู่แข่งทางการค้าเช่นกัน

## 5. กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ประจำหลักสูตรการพัฒนาระบบอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงเนื้อหาในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนคณะผู้บริหารและพนักงานโรงงานกรณีศึกษาที่ให้การสนับสนุนข้อมูลในการทำงานวิจัยครั้งนี้ทุกท่าน

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ภานูเทพ อธิปัญญาพันธุ์ และจิตรา ฐักิจการพานิช. การปรับปรุงมาตรฐานการตรวจสอบคุณภาพในการผลิตสีผง. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม; 17-19 ตุลาคม พ.ศ. 2555; ชะอำ เพชรบุรี. หน้า 886-892.
- [2] วสันต์ พุกผาสุข และ อรรถกร เก่งพล. การลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมียม โดยประยุกต์ใช้วิธีการชิคซ์ ชิคม่า. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; ปีที่ 18 พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2551; หน้า 33-42.
- [3] อุบลรัตน์ หวังรัชต์สกุล ไอลดา ภูม้นวาท และพรศักดิ์ ศรีสังสิทธิสันติ. การปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เพื่อลดอัตราการปฏิเสธรุ่น. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; ปีที่ 24 มกราคม – เมษายน พ.ศ. 2557; หน้า 111-121.
- [4] K. Ploypanichcharoen. Measurement System Analysis (MSA) : processing with MINITAB. 3nded. Bangkok : Technology Promotion Association (Thailand - Japan); 2003
- [5] Fasser Y. and Brettner D. Process Improvement in The Electronics Industries. John Wiley & Sons Inc. Chapter 8; 1992 : 204
- [6] Benham D, Down M, Cvetkovski P, Gruska G, Stahley S. Measurement System Analysis. AIAG. 2002; 3 : 125-134.
- [7] IEEE std. IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems (Green book); 2007.