การพัฒนาอุปกรณ์วัดชุดสายไฟ กรณีศึกษาโรงงานผลิตชุดสายไฟในรถยนต์

เฉลิมศักดิ์ ถาวรวัตร์[1] และ ก้าวหน้า จงวัฒนารักษ์[1*]

chalermsak_t@rmutt.ac.th[1], kaona.J@en.rmutt.ac.th[1*]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received : 28-Jan-2022
Revised : 10-May-2022
Accepted : 19-May-2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอเพื่อศึกษาการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis : MSA) เป็นพื้นฐานของกลยุทธ์การปรับปรุงกระบวนการใด ๆ โดยเครื่องมือ QC ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งผ่านการทดลองในกระบวนการผลิตแบบเรียลไทม์ กับผลิตภัณฑ์ A ในบริษัทผลิตชุดสายไฟกรณีศึกษา ที่ดำเนินธุรกิจในสภาวะการแข่งขันที่สูงขึ้น ซึ่งมีผลิตภัณฑ์เป็นชุดสายไฟในรถยนต์ที่มีลักษณะที่สามารถยืดหยุ่นได้มาก ซึ่งมีโอกาสการผิดพลาดจากระบบการวัดค่อนข้างสูง งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาสาเหตุของปัจจัยที่มีผลกับระบบของการวัด ที่มีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง พารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น ความเที่ยงตรง ความแม่นยำ และความเสถียร ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนด้านคุณภาพ ทำให้ความเชื่อมั่นของลูกค้าต่อบริษัท โดยการศึกษาใช้ระบบการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis : MSA) แบบ Gage R&R ซึ่งบริษัทดังกล่าวนั้นก็จะถูกกดดัน ให้ผลิตสินค้าที่มีคุณภาพที่สูง ในต้นทุนที่ต่ำที่สุด จากผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยจึงทำการเสนอแนวทางการปรับปรุงโดยการจัดทำบอร์ดการวัดชุดสายไฟรถยนต์ทดแทนการวัดด้วยอุปกรณ์การวัดแบบเดิม ทำให้พบว่า ค่า %P/T (Precision to Tolerance) หรือ %Tolerance (SV/Toler) จากมีค่าเท่ากับ 55.84% ลดลงเหลือ 28.54% แสดงว่าระบบการวัดมีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของกระบวนการได้ ช่วยในทำให้เกิดประสิทธิภาพของระบบการวัดที่ดีขึ้น

คำสำคัญ: ความเที่ยงตรง ความแม่นยำ และความเสถียร การวิเคราะห์ระบบการวัด

Development of Measurement Tools
A Case Study Automotive Wire Harness Manufacturer.

Chalermsak Thavornwat [1] and Kaona Jongwuttanaruk[1*]
chalermsak_t@rmutt.ac.th[1], kaona.J@en.rmutt.ac.th[1*]

[1] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received	: 28-Jan-2022
Revised	: 10-May-2022
Accepted	: 19-May-2022

Abstract

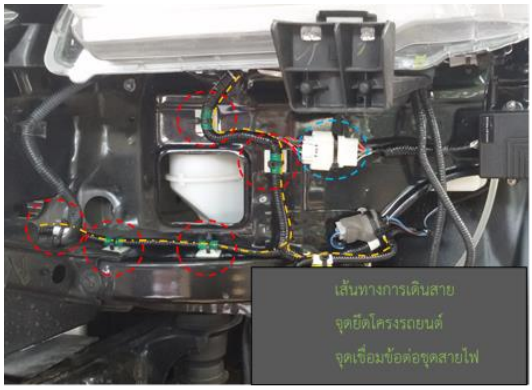
This research presented and studied the Measurement System Analysis: MSA as the foundation of a strategy for improvement of any process with extensively applied QC tool. The experiment was performed in a real-time production process with Product A in a case study of an electric wire manufacturer's company, operating its business in a highly competitive condition. It had products of auto-motive's electric wire set with high flexibility, which may be highly mistaken from the measurement system. Therefore, this research examined causes and factors affecting the measurement system, and contributing to change in any parameters including accuracy, precision and stability with effects on quality cost and confidence of customers with the company. Gage R&R Measurement System Analysis: MSA was employed in this study provided the company was pressured to manufacture a high-quality product with lowest cost. According to the analysis result, the researcher would like to propose a guideline for improvement by providing a measurement board for the auto-motive's electric wires instead of the traditional measurement method. The findings revealed that %P/T (Precision to Tolerance) %Tolerance (SV/Toler) decreased from 55.84% to 28.54%, indicating that the measurement system was applicable in detecting variance of the process, resulting in greater efficiency of the measurement system.

Keywords: Bias, Linearity, Stability, Measurement System Analysis

1.บทนำ

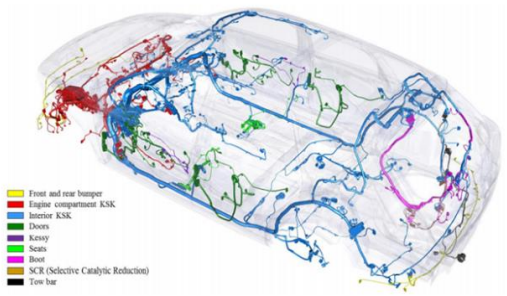
ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ชุดสายไฟในรถยนต์ (Automotive Wire Harness) มีบทบาทต่ออุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ และทำให้มีความต้องการเพิ่มมากขึ้น ส่งให้อุตสาหกรรมประเภทนี้มีการขยายตัวเพื่อรองรับความต้องการที่สูงขึ้น และทำให้มีการแข่งขันในอุตสาหกรรมด้านนี้เพิ่มมากขึ้น [1] โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านคุณภาพและราคา ซึ่งปัจจุบันลูกค้ามีความคาดหวังในด้านที่มีคุณภาพแต่ราคาที่สมเหตุผล หากผู้ผลิตสามารถกระทำได้จะทำให้ได้เปรียบคู่แข่งขันอย่างมากในด้านราคา และภาพลักษณ์ของบริษัท

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis; MSA) ซึ่งเป็นหนึ่งของข้อกำหนดของระบบ IATF16949 [2] เนื่องจากเป็นการศึกษาความผันแปรต่าง ๆ ระหว่างการตรวจวัด ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากอุปกรณ์ การวัด ทักษะ ของผู้วัด วิธีการวัด และสภาพแวดล้อมประกอบเข้าด้วยกัน และทำให้เกิดความเข้าใจถึงสาเหตุโดยธรรมชาติ (Common Causes) ของความผันแปรของระบบการวัดโดยอาศัยหลักการอนุมานเชิงสถิติ (Statistical Inference) เพื่อการเสนอแนวทางการแก้ไขในการลดความผันแปรต่อไป และผลิตภัณฑ์ชุดสายไฟในรถยนต์ที่ใช้ทำการซึ่งศึกษานั้นมีลักษณะมีความยืดหยุ่น ซึ่งงานวิจัยได้ทำการศึกษากับผลิตภัณฑ์ A การวัดก็จะมีความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่มีความทรงตัวเช่น งานฉีดพลาสติก หรืองานหล่อ เป็นต้น เพราะผลิตภัณฑ์ชุดสายไฟในรถยนต์ต้องมีการออกแบบให้ชุดสายไฟมีการลากผ่านตำแหน่งที่กำหนดไว้ที่โครงของรถยนต์อย่างแม่นยำ [3] ตามรูปที่ 1 หากในกระบวนการผลิตไม่มีระบบการวัดที่มีประสิทธิที่ดีแล้วผลิตภัณฑ์ที่ส่งให้ลูกค้าจะไม่สามารถใช้งานได้ และทำให้ลูกค้าไม่เกิดความพึงพอใจกับบริษัทเช่นกัน



รูปที่ 1 ตัวอย่างการออกแบบเส้นทางการเดินชุดสายไฟผ่านตามจุดที่กำหนด

การใช้ชุดสายไฟรถยนต์ เป็นการนำชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น ข้อต่อชุดสาพ สายไฟ และอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ ที่ป้องกันความคมของโลหะ ที่เป็นโครงสร้างของรถยนต์ไม่ได้ทำให้สายไฟเกิดการถลอก ซึ่งอาจเป็นสายเหตุของไฟฟ้าลัดวงจรในรถยนต์ และชุดสายไฟรถยนต์ ยังช่วยให้การประกอบชุดสายไฟไม่เกิดการเชื่อมต่อที่ผิดพลาด และส่งผลให้ฟังชันการทำงานนั้น ๆ ทำงานไม่ได้ เพราะการเชื่อมต่อโดยใช้ข้อต่อขุดสายไฟที่มีการระบุตัวที่เป็นคู่กัน โดยจะไม่สามารถนำเอาข้อต่อตัวอื่นมาใช้ได้ อีกส่วนหนึ่งการใช้ชุดสายไฟติดตั้งภายในรถยนต์ทำให้เกิดความเรียบร้อยตามรูปที่ 2 [4]



รูปที่ 2 Overall view of the wiring system [5]

Simion C .[6] ได้ทำการศึกษาแบบต่าง ๆ ในระบบการวัดและปัจจัยที่มีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น ความเป็นเส้นตรง ความเอนเอียง ความเสถียร ด้วยเทคนิค GR&R ช่วยในการศึกษาค่าประสิทธิภาพของระบบการวัด สำหรับงานวิจัยเป็นงานเชิงปริมาณ มีการผลการรวบรวมข้อมูลเคราะห์โดยใช้วิธี

วิเคราะห์ตามการวิเคราะห์ระบบการวัด จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าเครื่องมือในการวัดได้แก่ Vernier caliper และ Micro meter อยู่ในเกณฑ์ที่พอยอมรับได้ แต่ก็ควรทำการปรับปรุง หลังการปรับปรุงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดลดลงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สูงขึ้น พนักงานได้รับการฝึกอบรมที่เหมาะสม และมีการปรับปรุงการยศาสตร์ของพื้นที่ทำงานเพื่อหลีกเลี่ยงความผันแปรในระบบการวัดค่าเนื่องจากเกิดความเครียดแก่พนักงาน เช่น การใช้เก้าอี้ปรับระดับ หรือการใช้โต๊ะกับความสูงที่เหมาะสม และขยายพื้นที่ที่ใช้ในการวัด ซึ่งเป็นความผันแปรลดลง และ Yadav A. [7] ได้นำ Measurement System Analysis (MSA) เป็นส่วนสำคัญในการวิเคราะห์หาความแปรปรวนในกระบวนการวัด ซึ่งแบ่งความแปรปรวนของกระบวนการออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ attribute และ variable การวิเคราะห์ได้นำซอฟต์แวร์ MINITAB พร้อมโมดูลที่เรียกว่า Attribute Agreement Analysis ซึ่งพบปัญหาของระบบการวัดมาจากข้อมูล attribute การวัดมักจะเป็นผลมาจากการตัดสินของมนุษย์ (การตรวจสอบด้วยสายตา) และทำการปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบ โดยการฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานพัฒนาอุปกรณ์โสตทัศนูปกรณ์ กำหนดตัวอย่างขอบเขต กำหนดมาตรฐาน และคู่มือการตรวจสอบ Sarkar A.และคณะ [8] ก็ได้ศึกษาเครื่องมือวัดและระบบการวัด ซึ่งเป็นพื้นฐานของกลยุทธ์การปรับปรุงกระบวนการใด ๆ เครื่องมือควบคุมคุณภาพที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น SPC ขึ้นอยู่กับข้อมูลตัวอย่างที่นำมาจากกระบวนการเพื่อติดตามความผันแปรของกระบวนการซึ่งจะขึ้นอยู่กับระบบการวัดด้วย วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ระบบการวัดคือเพื่อให้ระบบการวัดมีคุณสมบัติสำหรับใช้งานโดยการหาค่าความแม่นยำ ความละเอียดและความเสถียร เพื่อลดการมีปัจจัยที่ส่งผลกับความผันแปรของกระบวนการใช้เครื่องมือวัด และในส่วนของการใช้เกณฑ์ตัดสินใจ Klaput P. และคณะ [9] นำเสนอระบบการวัดที่ไม่สามารถยอมรับได้หาก Gage R&R > 30% อย่างไรก็ตาม เมื่อผลิตภัณฑ์ยังคงอยู่ระหว่างการพัฒนาไม่สามารถทำซ้ำตามข้อกำหนดของลูกค้าได้ ประการที่สองผลิตภัณฑ์ทั้งหมดจะไม่ได้รับการทดสอบอย่างสม่ำเสมอ ปัญหาไม่สามารถแยกว่าปัญหาเกิดจากไม่เป็นตามข้อกำหนดของลูกค้า หรือ ปัญหาจากระบบการวัด จึงถูกแทนที่ด้วยการเทียบผลิตภัณฑ์กับตัวอย่าง การนำตัวอย่างที่เทียบเท่ามาแทนการวัดด้วยเครื่องมือวัดมีความสม่ำเสมอและส่งผลให้ได้ผลลัพธ์ที่เชื่อถือได้ Glavan LM. และคณะ [10] มีการนำ multiple box and whisker plot. มาใช้ในการตรวจสอบ โดยนำเสนอรายการปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) ในการผลิตทางโลหะ และสรุปวิธีการแก้ปัญหา จากการวัดจริงพบว่าความกว้างของช่วงความเชื่อมั่นที่เกิดขึ้นสำหรับค่ารวมของ gage repeatability and reproducibility (GRR) จะลดลง (และทำให้ความน่าเชื่อถือของค่า GRR เพิ่มขึ้น) ด้วยการเพิ่มจำนวนการทดลองการผลิต มากกว่าการเพิ่มของการตัวอย่างผลิตภัณฑ์ สมมติฐานพื้นฐานสำหรับการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ความแปรปรวนคงที่ และการเกิดขึ้นของค่าผิดปกติ)

การวัดงานถือเป็นการควบคุมกระบวนการเพื่อประกันคุณภาพ โดยจากนิยามของระบบการวัดจะพบว่าองค์ประกอบของระบบการวัดมีความไม่เท่ากันเสมอ จึงส่งผลให้เกิดความผันแปรในระบบการวัดเสมอด้วย ซึ่งความผันแปรที่เกิดขึ้นอาจทำให้กระบวนการไม่อยู่ในความควบคุม หรือทำให้กระบวนการไม่มีความสามารถได้ โดยความผันแปรในระบบการวัดถ้าเป็นไปด้วยสาเหตุธรรมชาติแล้ว ค่าความผันแปรจะอยู่ในลักษณะที่เสถียรและสามารถคาดเดาได้ [11] แต่ถ้าความผันแปรไม่ใช่สาเหตุธรรมชาติ ค่าความผันแปรนี้จะไม่เสถียรและไม่สามารถคาดการณ์ได้ผลกระทบของระบบการวัด

การวิเคราะห์ระบบการวัดคือ การศึกษาความผันแปรต่าง ๆ ระหว่างการตรวจวัด ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากอุปกรณ์ การวัด ทักษะของผู้วัด วิธีการวัด และสภาพแวดล้อม ประกอบเข้าด้วยกันโดยสามารถแยกความผันแปรของข้อมูลออกเป็น 2 ประเภทคือ ความผันแปรของตำแหน่งและความผันแปรของความกว้าง [12] โดยความผันแปรของตำแหน่ง ประกอบด้วย 3 คุณสมบัติคือ

1) ความเอนเอียงหรือไบอัส (Bias) คือ การเข้าใกล้ค่าเฉลี่ยจากการวัดหลาย ๆ ครั้ง เมื่อเทียบกับค่าอ้างอิง สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 1

$$\%Bias = (Bias / (USL-USL)) \times 100\% \quad (1)$$

2) เชิงเส้นตรง (Linearity) คือ ความแตกต่างของค่าไบอัสตลอดช่วงการใช้งานของอุปกรณ์การวัด สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2

$$\%Linearity = Linearity\ Index/(USL-USL) \times 100\% \quad (2)$$

3) ความเสถียร (Stability) คือ ความผันแปรทั้งหมดในการวัดที่ได้จากระบบการวัดหนึ่งโดยอาศัยชิ้นงาน หรือค่ามาสเตอร์เดียวกันในการวัดคุณลักษณะประการหนึ่งตลอดช่วงเวลาที่ยาวนานขึ้น สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3

$$\%Stability = ((\bar{x} - \bar{\bar{x}})/(USL-USL)) \times 100\% \quad (3)$$

บริษัทผลิตชุดสายไฟกรณีศึกษา ที่ดำเนินธุรกิจในสภาวะการแข่งขันที่สูงขึ้น ซึ่งมีผลิตภัณฑ์เป็นชุดสายไฟในรถยนต์ที่มีลักษณะที่สามารถยืดหยุ่นได้มาก ซึ่งมีโอกาสการผิดพลาดจากระบบการวัดค่อนข้างสูง งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาสาเหตุของปัจจัยที่ผลกับระบบของการวัด ที่มีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น ความเที่ยงตรง ความแม่นยำ และความเสถียร ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนด้านคุณภาพ ทำให้ความเชื่อมั่นของลูกค้าต่อบริษัท โดยการศึกษาใช้ระบบการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis : MSA) แบบ Gage R&R.

สำหรับความผันแปรของความกว้าง (Width Variation) หรือ ความเที่ยง (Precision) ของระบบการวัด คือ อิทธิพลโดยรวมของความสามารถในการแยกความแตกต่าง ความไว และความสามารถในการทำซ้ำ ตลอดช่วงการใช้งานของระบบการวัด โดยจำแนกออกเป็น 1) ความผันแปรภายใน (Repeatability) คือ ความผันแปรที่วัดโดยใช้พนักงานวัดคนเดียวอุปกรณ์เดียว วัดงานชิ้นเดียวกันซ้ำๆ หรืออาจเรียกว่าความผันแปรของอุปกรณ์ (Equipment Variation: EV) และ 2) ความผันแปรระหว่างเงื่อนไข (Reproducibility) คือความผันแปรที่แสดงถึงค่าเฉลี่ยของค่าวัดจากการใช้อุปกรณ์การวัดเดียวกัน วัดชิ้นงานเดียวกันด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน หรือหมายถึงความผันแปรระหว่างพนักงานวัด (Appraiser Variation; AV) ดังนั้นการที่จะศึกษาความผันแปรทั้งสองประเภทนั้นตารางที่ 1 จะต้องวิเคราะห์คุณสมบัติ 4 ชนิด คือ ความเอนเอียง เชิงเส้นตรง ความเสถียร และความเที่ยงจาก

ตารางที่ 1 ข้อมูลของความยาวชุดสายไฟ มีพิกัดความเผื่ออยู่ที่ 10 มิลลิเมตร

ลำดับ	พนักงานคนที่ 1			พนักงานคนที่ 2			พนักงานคนที่ 3		
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
1	113	113	115	115	117	117	113	115	112
2	171	172	171	173	175	173	171	170	170
3	173	173	175	176	174	174	173	173	174
4	247	247	250	251	252	251	247	249	247
5	189	183	189	190	192	192	189	187	188
6	303	298	303	304	305	302	304	304	303
7	122	124	125	125	123	122	127	129	127
8	121	121	120	122	121	122	123	121	124
9	116	116	114	112	113	115	116	116	114
10	141	142	141	139	140	141	141	143	142

2.วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การศึกษาขั้นตอนกระบวนการวัดชุดสายไฟสายไฟในรถยนต์

พนักงานบริษัทผลิตชุดสายไฟกรณีศึกษามีพนักงานในตำแหน่งดังกล่าวมีจำนวน 3 คนจะเซ็นชื่อเพื่อการสอบกลับหากมีการเครมจากลูกค้า ในการวิเคราะห์ GR&R Crossed สำหรับข้อมูลแบบแปรผัน (Variable Data) โดยพนักงานแต่ละคนต้องตรวจงานซ้ำ 3 ครั้งต่อคน

ตารางที่ 2 Two-Way ANOVA Table with Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Parts	9	320618	35624.3	24474.7	0.000
Operators	2	1	0.3	0.2	0.792
Parts * Operators	18	26	1.5	0.4	0.991
Repeatability	60	244	4.1		
Total	89	320889			

α to remove interaction term = 0.05

การวิเคราะห์ความแปรปรวนตามตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดจากการพิจารณาค่า P-Value ของค่า Parts มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าตัวอย่างของตัวอย่างทั้ง 10 ตัวอย่าง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วน Operators มีค่า P-Value เท่ากับ 0.792 ซึ่งมากกว่า 0.05 แสดงว่าพนักงานแต่ละคนไม่มีความแตกต่างในการวัด และ Parts * Operators (อันตรกิริยาระหว่าง Parts และ Operators) มีค่า P-Value เท่ากับ 0.991 ซึ่งมากกว่า 0.05 แสดงว่าการตรวจตัวอย่างแต่ละตัวกับพนักงานงานทั้ง 3 คน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 3 Gage R&R (Variance Components)

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	3.46	0.09
Repeatability	3.46	0.09
Reproducibility	0.00	0.00
Operators	0.00	0.00
Part-To-Part	3957.87	99.91
Total Variation	3961.33	100.00

Process tolerance = 20

จากตาราง ที่ 3 % Contribution (of VarComp) ที่แสดงสัดส่วนความแปรปรวนในแต่ละส่วนเมื่อเปรียบเทียบกับความแปรปรวนทั้งหมด (Total Variation) เช่น ความแปรปรวนของ Total Gage R&R มีค่าเท่ากับ 0.09% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยทั่วไปกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่า % Contribution (of VarComp) [13]

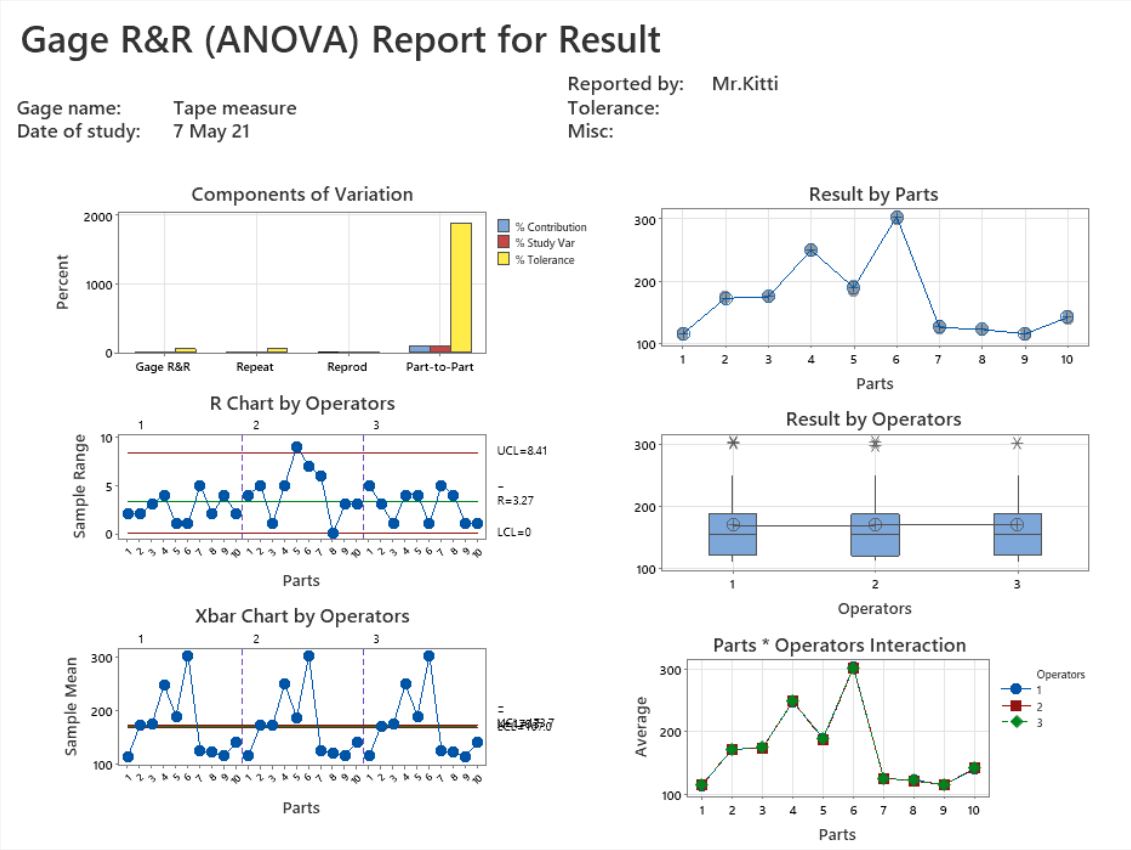
0% - 2%	อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้
2% - 7.7%	อาจจะยอมรับได้
มากกว่า 7.7%	ไม่สามารถยอมรับได้

ตารางที่ 4 Gage Evaluation

Source	StdDev (SD)	Study Var	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	1.8612	11.167	2.96	55.84
Repeatability	1.8612	11.167	2.96	55.84
Reproducibility	0.0000	0.000	0.00	0.00
Operators	0.0000	0.000	0.00	0.00
Part-To-Part	62.9116	377.469	99.96	1887.35
Total Variation	62.9391	377.635	100.00	1888.17

Number of Distinct Categories = 47

จากตารางที่ 4 ค่า %Study Var (%SV) คือ การเปรียบเทียบความผันแปรของระบบการวัดแต่ละส่วนเทียบกับความแปรผันทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 22.749 และค่า % P/T (Precision to Tolerance) หรือ %Tolerance (SV/Toler) คือ การเปรียบเทียบความแปรของระบบการวัดแต่ละส่วนเทียบค่าความเผื่อของขนาด มีค่าเท่ากับ 55.84% ไม่สามารถยอมรับได้ ซึ่งค่าที่ยอมรับได้ต้องน้อยกว่า 30% [14] และโดยทั่วไปกำหนดเกณฑ์การพิจารณา NDC ต้องมีค่าตั้งแต่ 5 ขึ้นไป จึงจะแสดงได้ว่าเครื่องมือวัดเหมาะสมในการใช้งาน [15]



รูปที่ 3 Gage R&R (ANOVA) Report for Result

จากรูปที่ 3 ค่า Components of Variance กราฟแท่งแสดงค่าความแปรปรวนในแต่ละส่วน แท่ง Gage R&R แสดงค่า %SV และ %P/T และ R Control Chart by Operator แสดงความสามารถในการจำแนกความแตกต่างของชิ้นงาน และความผันแปรในตัวพนักงานแต่ละคน ซึ่งพนักงานคนที่ 2 มีการตรวจออกจากภายใต้เส้นควบคุมมา 1 จุด และ Xbar Control Chart by Operators แสดงค่าเฉลี่ยในการวัดแต่ละชิ้นงานของแต่ละพนักงาน โดยจุดบนกราฟอยู่นอกเส้นควบคุมมากกว่า 50% จึงจะแสดงว่าระบบการวัดสามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างชิ้นงานได้ ในส่วน Width by Parts แสดงค่าที่พนักงานทุกคนวัดได้ในชิ้นงานเดียวกัน แต่ละจุดควรซ้อนทับกัน จึงจะแสดงว่าพนักงานทั้ง 3 คน วัดชิ้นงานเดียวกันและได้ค่าใกล้เคียงกันที่สุด Width by Operators บ็อกซ์พล็อตแสดงความความผันแปรของการวัดแต่ละคน ซึ่งบ็อกซ์พล็อตของแต่ละคนไม่แตกต่างกัน Part*Operator Interaction แสดงอิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานกับพนักงาน โดยเส้นที่ กราฟความซ้อนทับกัน หากเส้นกราฟมีการตัดกันแสดงว่ามีอิทธิพลร่วมเกิดขึ้นระหว่างชิ้นงานกับพนักงาน นั่นคือพนักงานมีผลการวัดที่แตกต่างกัน

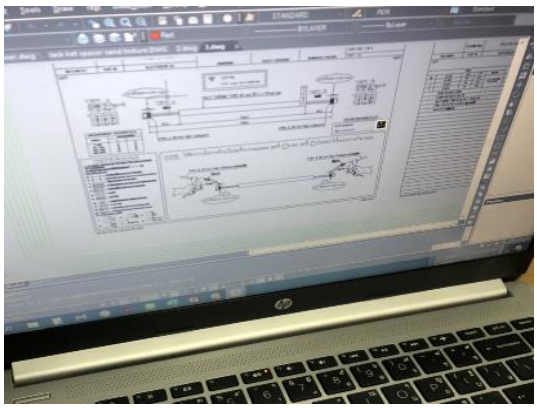
2.2 การดำเนินการปรับปรุง

เนื่องจากชุดสายไฟรถยนต์มีความยืดหยุดและให้ตัวได้ เพราะว่าสายไฟจะถูกสอดเข้าไปในท่อที่ยืดหยุ่น และสามารถดัดงอได้ดังรูปที่ 4 การวัดความยาวของชุดสายไฟเดิมใช่วิธีการใช้ตลับเมตรทาบ ชุดสายไฟรถยนต์ในแนวตรง บนโต๊ะพื้นเรียบ ซึ่งพนักงานทั้งสามคนใช้วิธีการวัดเดียวกันทั้งหมด จากการสำรวจการทำงานพบว่าการวัดลักษณะดังกล่าวทำให้พนักงานเกิดความเมื่อยล้า และอาศัยทักษะส่วนบุคคลสูงมากดังรูปที่ 5 และในกรณีที่มีการทดแทนตำแหน่งงานในตำแหน่งการวัด จะเกิดผลกระทบทันที

รูปที่ 4 ลักษณะชุดสายไฟรถยนต์

รูปที่ 5 ลักษณะของการวัดความยาวของชุดสายไฟรถยนต์

แนวทางการปรับปรุงการวัดชุดสายไฟรถยนต์โดยการทำบอร์ดการวัดชุดสายไฟ ซึ่งหัวข้อต่อจะถูกล๊อคในตำแหน่งที่กำหนด และจุดแต่ละจุดในการวัดจะถูกวาดด้วยสเกล 1 : 1 จากการวาดแบบและตรวจความถูกต้องจากแบบที่เป็นไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ตาม รูปที่ 6 ช่วยทำให้สามารถจำลองการจัดเรียงสายให้มีความเหมาะสมก่อนปริ้น



รูปที่ 6 ลักษณะวาดแบบสายไฟด้วยโปรแกรมเขียนแบบ

หลังจากนั้นนำไฟล์ที่สมบูรณ์ไปทำการปริ้นตามสเกล 1:1 ด้วยเครื่องปริ้นขนาดใหญ่ หน้ากระดาษหน้ากว้าง 24 นิ้ว ความเร็วในการพิมพ์ 35 วินาที ต่อแผ่น A1 - เครื่องพิมพ์ 4 สี Cyen, Magenta, Yellow, Black ขนาดกระดาษที่ใช้งานคือ A1 แบบม้วน ยาว 50 เมตร และ A3 แบบม้วน ยาว 50 เมตร ซึ่งจะไม่มีรอยต่อ ซึ่งการต่ออาจะทำให้ระยะความยาวเกิดความคลาดเคลื่อนตามรูปที่ 7

รูปที่ 7 เครื่องปริ้น HP DESIGNJET T230-24-in

จากการทำบอร์ดช่วยในการวัดทำให้พนักงานวัดสามารถวัดได้เร็วมากขึ้นตามรูปที่ 8

รูปที่ 8 ลักษณะของการวัดความยาวของชุดสายไฟรถยนต์ด้วยใช้บอร์ดวัดชิ้นงาน

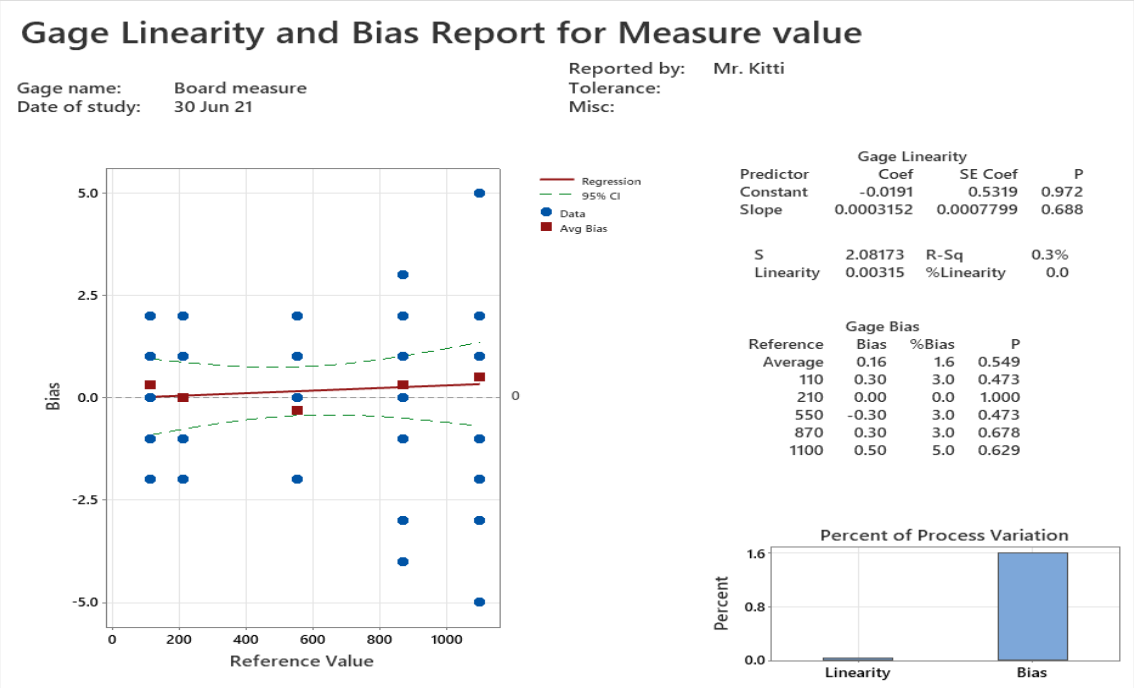
ร่วมถึงการจัดทำคู่มือเรื่องการทำบอร์ดวัดระยะสายไฟ และในการปรับปรุงโดยการทำบอร์ดวัดความยาวของสายไฟรถยนต์ เข้ามาแทนการวัดด้วยตลับเมตร ถึงแม้จะมีความสะดวกเร็วในการทำงาน และทำให้การวัดมีข้อผิดพลาดจากการวัดน้อยลงแล้ว จำเป็นต้องทำการการประเมินคุณสมบัติความเอนเอียงหรือไบอัส (Bias) และเชิงเส้นตรง (Linearity) ของบอร์ดวัดชุดสายไฟรถยนต์ว่ามีในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่ จึงได้เลือกงานมาสเตอร์มา 5 ชิ้น โดยมีค่าอ้างอิงเท่ากับ110, 210, 550, 870 และ1100 จากตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการสอบเทียบบอร์ดวัดชุดสายไฟรถยนต์

ครั้งที่	ค่าอ้างอิงชิ้นงาน Master				
	110	**210**	**550**	**870**	**1100**
1	111	210	548	866	1102
2	108	210	548	873	1105
3	112	212	548	867	1098
4	110	208	550	871	1101
5	109	212	550	872	1095
6	110	211	548	869	1102
7	111	210	552	870	1097
8	110	210	551	870	1101
9	112	208	552	873	1105
10	110	209	550	872	1099

ผลจากการวิเคราะห์คุณสมบัติความเอนเอียงหรือไบอัส (Bias) และเชิงเส้นตรง (Linearity)ของบอร์ดวัดชุดสายไฟรถยนต์โดยพบว่าค่าความเอนเอียงหรือไบอัส (Bias) เท่ากับ 1.6% และคุณสมบัติความเชิงเส้นตรง (Linearity)เท่ากับ 0 ตามรูปที่ 6 ซึ่งทั้งสองค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ตามเกณฑ์ดังนี้ [16]

< 5%	อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้
5% - 10%	อาจจะยอมรับได้
>10%	ไม่สามารถยอมรับได้



รูปที่ 6 Gage Linearity and Bias Report for Measure value

3.ผลการทดลองและอภิปราย

ระบบการวิเคราะห์การวัดผลจากการวิเคราะห์ระบบการวัดพบว่าพนักงานวัดความยาวของสายไฟรถยนต์นั้นมีค่า % P/T (Precision to Tolerance) หรือ %Tolerance (SV/Toler) คือ การเปรียบเทียบความแปรของระบบการวัดแต่ละส่วนเทียบค่าความเผื่อของขนาด มีค่าเท่ากับ 55.84% ไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากเกณฑ์ที่ยอมรับได้ต้องน้อยกว่า 30% เนื่องจากแสดงว่าระบบการวัดไม่มีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของกระบวนการได้ จากการปรับปรุงกระบวนการวัดเพื่อลดความเมื่อยล้าในการวัด เครื่องมือวัดที่ไม่เหมาะสม สเกลไม่ชัดเจน จึงมีแนวคิดการปรับเปลี่ยนวิธีการตรวจใหม่ โดยการทำบอร์ดการวัดชุดสายไฟ ซึ่งหัวข้อต่อจะถูกล็อคในตำแหน่งที่กำหนด และจุดแต่ละจุดในการวัดจะถูกวาดด้วยสเกล 1 : 1

โดยการเป็นอุปกรณ์ในการวัดที่บริษัทจัดทำขึ้นเองนั้น อาจมีผลเรื่องการทำบอร์ดการวัดชุดสายไฟนั้นจำเป็นต้องทำการควบคุมความผิดของการวัดจากบอร์ดการวัดชุดสายไฟ ซึ่งแนวทางที่นำเสนอทางบริษัทจำเป็นต้องมีกระบวนการอนุมัติบอร์ดการวัดชุดสายไฟ โดยการจากวิเคราะห์คุณสมบัติความเอนเอียงหรือไบอัส (Bias) และเชิงเส้นตรง (Linearity) ของบอร์ดวัดชุดสายไฟ ต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงจะนำมาใช้ในกระบวนการวัด จากการปรับปรุงกระบวนการวัดแล้วนั้น ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดอีกครั้งพบว่า ค่า %P/T (Precision to Tolerance) หรือ % Tolerance (SV/Toler) จากมีค่าเท่ากับ 55.84% ลดลงเหลือ 28.54% แสดงว่าระบบการวัดมีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของกระบวนการได้

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

5 เอกสารอ้างอิง

[1] Huong Giang Nguyen, Marlene Kuhn, Jörg Franke. Manufacturing automation for automotive wiring harnesses. Procedia CIRP. 2021;97:379-84.

[2] Pop LD, Elod NJPT. Improving a measuring system according to ISO/TS 16949. Elsevier. 2015;19:1023-30

[3] Van Den Berg T, La Rocca G, van Tooren M, editors. Automatic flattening of three-dimensional wiring harnesses for manufacturing. Proceedings of the 28th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, Brisbane, Australia; 2012.

[4] Palomba I, Gualtieri L, Rojas R, Rauch E, Vidoni R, Ghedin AJR. Mechatronic Re-Design of a Manual Assembly Workstation into a Collaborative One for Wire Harness Assemblies. Robotics. 2021;10(1):43.

[4] Rius Rueda A. A novel optimization methodology of modular wiring harnesses in modern vehicles: weight reduction and safe operation. 2017

[5] Jain A. A case study on measurement system analysis (MSA) at a pump company. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 2017;4(5):1567-71.

[6] Simion C, editor Evaluation of an attributive measurement system in the automotive industry. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering; 2016: IOP Publishing.

[7] Yadav A. Measurement systems analysis and a study of anova method. International Journal of Research in Engineering and Technology 2016;05(02):123-7

[8] Sarkar A, Mukhopadhyay AR, Ghosh SK. Measurement system analysis for implementing design for Six Sigma. International Journal of Productivity Quality Management. 2014;14(3):373-86.

[9] Klaput P, Vykydal D, Tošenovský F, Halfarová P, Plura JJM. Problems of application of measurement system analysis (MSA) in metallurgical production. Metalurgija. 2016;55(3):535-7

[10] Glavan LM. Understanding process performance measurement systems. business systems research. 2011;2(2):1-56.

[11] Pai F-Y, Yeh T-M, Hung Y-HJS. Analysis on accuracy of bias, linearity and stability of measurement system in ball screw processes by simulation. Sustainability. 2015;7(11):15464-86.

[12] Cepova L, Kovacikova A, Cep R, Klaput P, Mizera O. Measurement system analyses–Gauge repeatability and reproducibility methods. Measurement Science Review. 2018;18(1):20-7.

[13] Abdelgadir M, Gerling C, Dobson J. Variable data measurement systems analysis: advances in gage bias and linearity referencing and acceptability. International Journal of Metrology Quality Engineering. 2020;11:16.

[14] Gerger A. Conducting a gage R & R study: an application example in automotive industry. Journal of Economics and Social Research Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi. 2021;8(15):1-17.

[15] Measurement System Analysis 4th edition, AIAG, FigureI-E 3: Impact of Number of Distinct Categories (NDC) of the Process Distribution on Control and Analysis Activities. p. 47.

[16] Yu J, editor Research on bias and linearity analysis of MEMS measurement system based on minitab. Advanced Materials Research; 2012: Trans Tech Publ.