

การศึกษาพฤติกรรมการสั่นสะเทือนของหุ่นยนต์สกร่าโดยใช้โปรแกรมช่วยทางวิศวกรรม

วราภรณ์ ศิริอนุสรณ์ศักดิ์^{1*} และชนะ รัชชศิริ²

¹ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*waraporn.siria@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สกร่า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นตามแนวแกน X และ Y ณ จุดปลายที่แขนหุ่นยนต์สกร่าเคลื่อนที่ไป อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของความเร็วและความเร่งทำให้เกิดการสั่นสะเทือนและความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง ซึ่งจะทำการทดลองโดยตั้งค่าความเร็วและความเร่งที่ตัวโปรแกรมควบคุมสกร่าแบ่งเป็นหลายๆค่า เพื่อดูแนวโน้มของค่าความคลาดเคลื่อนตามแนวแกนที่เกิดขึ้น โดยใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับระยะการเคลื่อนที่ของแขนสกร่าทั้ง 2 แขน และบันทึกค่าออกมาเป็นช่วงของเวลา นับตั้งแต่วินาทีที่ 0 ณ จุดเริ่มต้น จนถึงวินาทีสุดท้ายที่แขนสกร่าเคลื่อนที่ไปจนถึงจุดปลาย จากนั้นใช้โปรแกรม SolidWorks ช่วยในการจำลองภาพ 3 มิติเพื่อใช้ในการหาจุดปลายของแขนสกร่า ณ ช่วงเวลาวินาทีต่างๆเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองจริง มาพล็อตกราฟ และนำมาเปรียบเทียบกับกราฟที่ได้จากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยโปรแกรม MSC Adams ซึ่งได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกัน และจากการวิเคราะห์ผลการทดลองจะเห็นว่า ถ้าเพิ่มความเร่งโดยให้ความเร็วคงที่ ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งมีค่าน้อยมากแต่เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จะลดลงอย่างเห็นได้ชัด และจากผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกันนี้ ทำให้สามารถทำนายความเร็วและความเร่งที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทำงานได้ เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่น้อยที่สุดหรืออยู่ในค่าที่ยอมรับได้ตามความต้องการของผลิตภัณฑ์ รวมถึงสามารถนำเวลาที่เกิดจากความเร่งและความเร็วนี้ไปคำนวณหา UPH ของกระบวนการผลิต หรือปรับให้ได้ UPH ที่ดีที่สุด โดยเลือกความเร็วและความที่เร่งส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งน้อยที่สุด และในการวิจัยนี้ความเร็วที่เหมาะสมคือ 10% of max. speed controller หรือ 400 mm/s และความเร่งที่เหมาะสมคือ 0.1g หรือ 0.981 mm/s² โดยมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของค่าจากการทดลองตามแนวแกน $x = 0.05%$, $y = 0.09%$ และ มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของค่าที่ได้จากโปรแกรม MSC Adams ตามแนวแกน $x = 0.13%$, $y = 0.51%$

คำสำคัญ: การสั่นสะเทือน การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ การควบคุมหุ่นยนต์สกร่า การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน

A Study of Scara Robot Vibration Behavior by Computer Aided Engineer Program

Waraporn Sirianusornsak^{1*} and Chana Raksiri²

¹Department of Industrial Production Technology, Engineering, Kasetsart University

²Industrial Engineering, Engineering, Kasetsart University

*waraporn.siria@ku.th

Abstract

This research studies the movement behavior of the SCARA robot. The objective is to study the distance error that occurs along the X and Y axes at the end point where the SCARA robot arm moves. Due to changes in speed and acceleration, vibrations and positional discrepancies occur. This will be experimented by setting the speed and acceleration in the SCARA control program into several values. to see the trend of the axial error values that occur Using a sensor device to measure the distance of movement of both Scara arms and record the values as a period of time. From the 0th second at the origin to the last moment the scara arm travels to the end point. Then use the SolidWorks program to help simulate 3D images for use in finding the tip of the SCARA arm at various seconds in order to plot the results from the actual experiment. and compared with graphs obtained from mathematical modeling by the MSC Adams program, which obtained similar results. And from the analysis of the experimental results, it can be seen that If the acceleration is increased by keeping the speed constant The positional error is very small but the movement time is significantly reduced. and from similar results This makes it possible to predict the appropriate speed and acceleration to be used in the work. In order to achieve the least possible positioning error. or within the acceptable value according to the product's requirements Including the time resulting from this speed and acceleration can be used to calculate the UPH of the production process. Or adjust to get the best UPH by choosing the speed and acceleration that have the least effect on position error. In this research, the optimal speed was 10% of max. speed controller or 400 mm/s and the optimal acceleration was 0.1g or 0.981 mm/s², with the percentage deviation of the values from the axial experiment x= 0.05%, y = 0.09%, and the percentage deviation of the values obtained from the MSC Adams program along the axis x= 0.13%, y = 0.51%.

Keywords: Vibration, Robot Movement, Controlling the Scara Robot, Vibration Analysis

1. บทนำ

ปัจจุบันการประกอบชิ้นส่วนงานของ Part Electronic ซึ่งมีขนาดเล็กต้องมีความแม่นยำ(Precision)และความถูกต้อง(Accuracy)ในการวางตำแหน่งการประกอบ ซึ่งตำแหน่งของชิ้นงานย่อย(Component Parts)ที่จะประกอบลงบนชิ้นงานหลัก(Main Parts)นั้นมีความละเอียดสูง และยังคงใช้คนประกอบในบางขั้นตอน ซึ่งข้อเสียของการใช้คนประกอบชิ้นงานคือ ค่าใช้จ่ายการผลิต ชิ้นงานเกิดความเสียหายระหว่างการประกอบ ทำให้สูญเสียทรัพยากร และ UPH (Unit per Hour) ที่ได้ค่อนข้างต่ำ ไม่ได้ตามเป้าหมายการผลิตในแต่ละวัน รวมถึงการใช้ทรัพยากรบุคคลค่อนข้างเยอะในการประกอบงาน ฝ่ายการผลิต(Production Line)จึงจำเป็นต้องมีการนำเครื่องจักรระบบอัตโนมัติมาช่วยในการประกอบเพื่อแก้ปัญหา

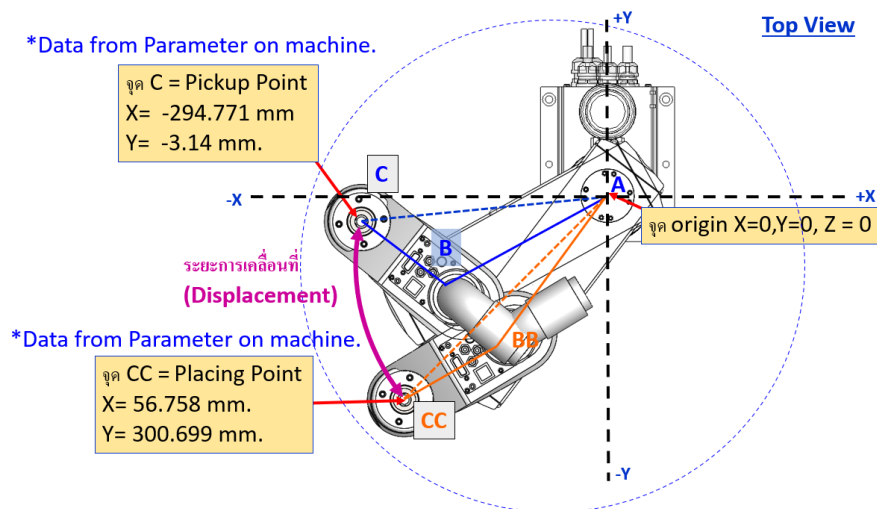
ในงานวิจัยนี้จะศึกษาพฤติกรรมเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สการ์วบนเครื่องจักรในไลน์การผลิต โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ทางจลนศาสตร์หรือที่เรียกว่า Kinematics ของหุ่นยนต์แขนกลที่ต้องการศึกษา [1,2] โดยศึกษาการเคลื่อนที่ที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่ง (Position) ความเร็ว (Velocity) และความเร่ง (Accelerate) [3] ซึ่งจะทำการป้อนค่าพารามิเตอร์เพื่อกำหนดความเร็วเชิงมุม (Angular Velocity) และความเร่งเชิงมุม (Angular Acceleration) ไปในชุดควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ เพื่อสั่งงานการเคลื่อนที่ของแขนกลแต่ละลิงค์ให้ขับเคลื่อนโดยใช้การส่งผ่านทางกลกำหนดการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างสองลิงค์ที่ติดกัน จากพิกัดเริ่มต้นไปยังจุดปลายและทำการเก็บค่าพิกัดตำแหน่ง (x-y) ปลายแขนกล (Actual Robot) และเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของความเร็วและความเร่งจากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมหุ่นยนต์สการ์วทำให้เกิดการสั่นสะเทือน [4] และส่งผลต่อระยะความคลาดเคลื่อนตามแนวแกน X และ Y ณ จุดปลายที่แขน

และในทางเดียวกันได้มีการสร้างแบบจำลองแขนกลโดยใช้โปรแกรม SolidWorks และโปรแกรม MSC Adams เข้ามาช่วยในการศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของ SCARA เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยดังกล่าวและทำการ Optimize ความเร็วกับความสั่นสะเทือนให้สอดคล้องกัน เพื่อหาความเร็วสูงสุดที่สามารถให้ SCARA Robot เคลื่อนที่ได้โดยไม่ส่งผลให้เกิดระยะความคลาดเคลื่อนในการประกอบงานเกินขอบเขต หรือค่า Tolerance ที่ยอมรับได้ เนื่องจากต้องการ UPH (Unit Per Hour) สูงในสายการผลิต

2. วิธีวิจัย

2.1 เลือกหุ่นของ SCARA Robot

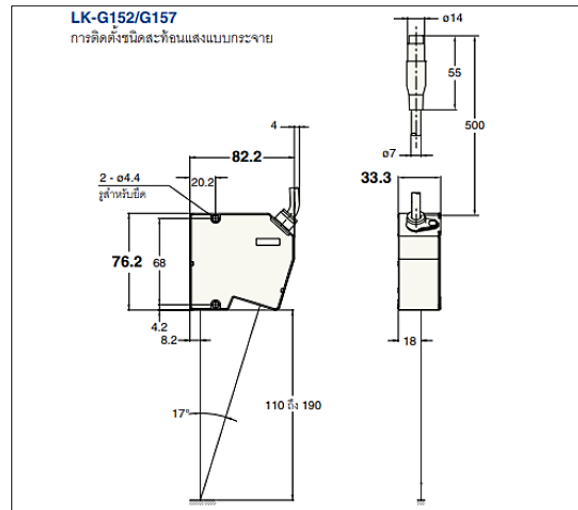
ในการวิจัยนี้เลือก SACARA Robot แบรินด์ IAI รุ่น IX-NNN3515H-5L-T2 เพื่อทำการทดลอง เนื่องจากเป็นหุ่นที่ติดตั้งในเครื่องจักรที่ต้องการศึกษา จากนั้นให้กำหนดการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์สการ์ว โดยกำหนดจุดเริ่มต้นที่ตำแหน่ง $X = -294.771$ mm. $Y = -30.86$ mm. และจุดปลาย $X = -243.274$ mm. $Y = -243.528$ mm. ดังรูป เนื่องจากเป็นจุดที่อยู่ในระยะที่เราสามารถติดตั้งเซนเซอร์เพื่อตรวจวัดได้



ภาพที่ 1 ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของสการ์วจากจุดเริ่มต้น-จุดปลายเมื่อเทียบกับ X-Y Plane

2.2 เลือกชนิดของ Sensor ที่ต้องการและศึกษาวิธีการติดตั้ง

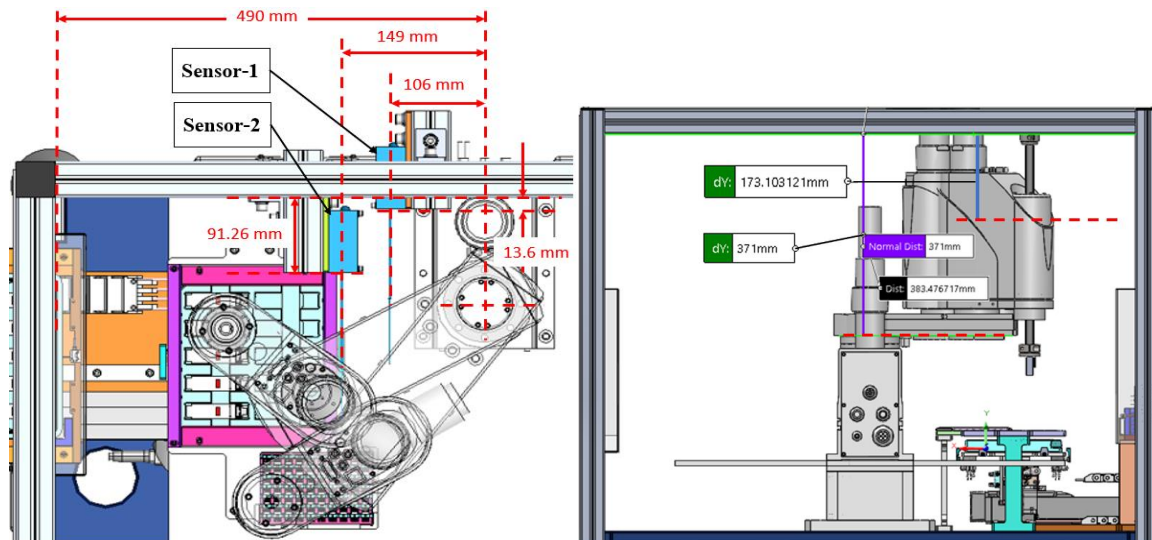
ทำการศึกษาวิธีการติดตั้งและระยะการตรวจจับของ Laser Displacement Sensor รุ่น LK-H157 ซึ่งมีระยะการวัดอยู่ที่ 150 +/- 40 mm. หรือ อยู่ในช่วงระยะ 110-190 mm. ตามรูป



ภาพที่ 2 ระยะการตรวจวัดของ Laser Displacement Sensor รุ่น LK-H157

2.3 ออกแบบวิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์โดยใช้โปรแกรม SolidWorks

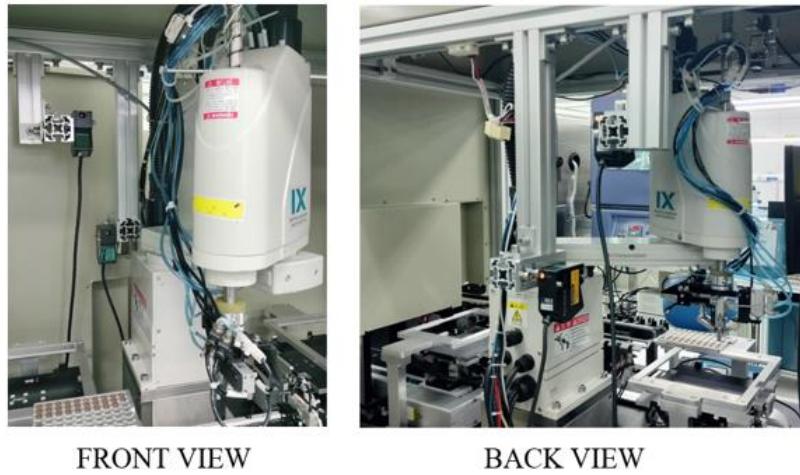
นำขนาดของแขนหุ่นยนต์และ Sensor มาสร้างแบบจำลอง 3D โดยใช้โปรแกรม SolidWorks เพื่อหาตำแหน่งการติดตั้งว่าควรติดตั้งที่ตำแหน่งใด เพื่อไม่ให้เกินขอบเขตของระยะการตรวจวัดของ Sensor โดยเซ็นเซอร์ทั้ง 2 ตัวนี้จะตรวจวัดไปที่บริเวณแขนของหุ่นยนต์ด้านข้างในแต่ละท่อน(Link1&Link2) และออกแบบชิ้นงานแต่ละชิ้นประกอบเข้าด้วยกันเพื่อจับยึดอุปกรณ์ดังกล่าวเข้ากับตัวเครื่อง โดยให้ชิ้นงานนี้สามารถปรับ (Adjustable) ระยะตามแนวแกน XYZ ได้ เพื่อหาตำแหน่งที่ดีที่สุดในการตรวจวัด



ภาพที่ 3 ภาพ 3D SolidWorks แสดงตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์ตามแนวระนาบ X-Y และ ตามแนวแกน Z

2.4 ติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์และ Wiring อุปกรณ์เข้ากับคอมพิวเตอร์

นำแบบ 3D&2D Drawing ที่ทำการออกแบบจาก SolidWorks ไปขึ้นงานและติดตั้งยึดเซ็นเซอร์เข้ากับตัวเครื่องจักร ตามรูป

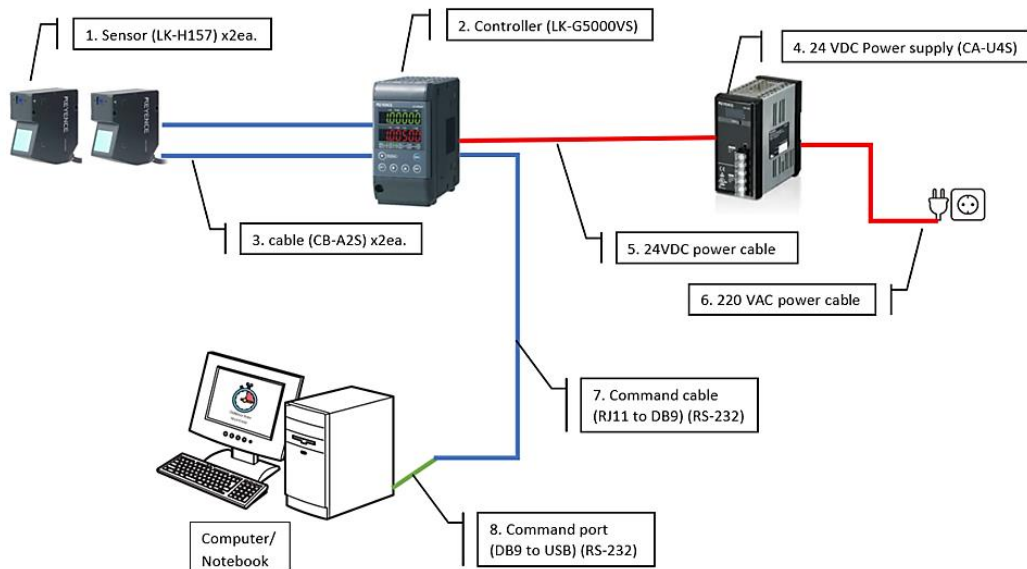


FRONT VIEW

BACK VIEW

ภาพที่ 4 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์จากมุมมองด้านหน้า-ด้านหลังเครื่อง

Wiring diagram



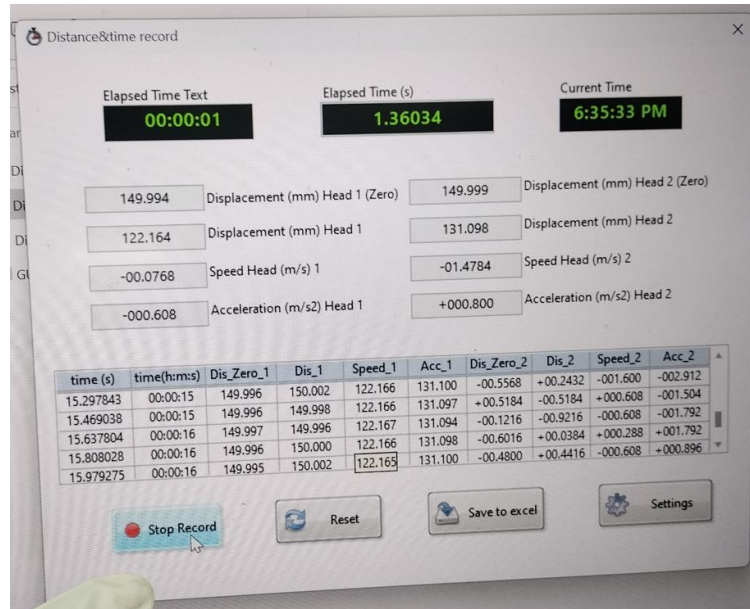
ภาพที่ 5 Wiring Diagram แสดงการติดตั้งชุดอุปกรณ์เพื่อตรวจจ็ับระยะการเคลื่อนที่และบันทึกค่า



ภาพที่ 6 การติดตั้งอุปกรณ์จริงเพื่อทำการทดลองตามแบบ Wiring Diagram

2.5 เขียนโปรแกรม LabVIEW เพื่อเก็บค่าเอาต์พุตและบันทึกผล

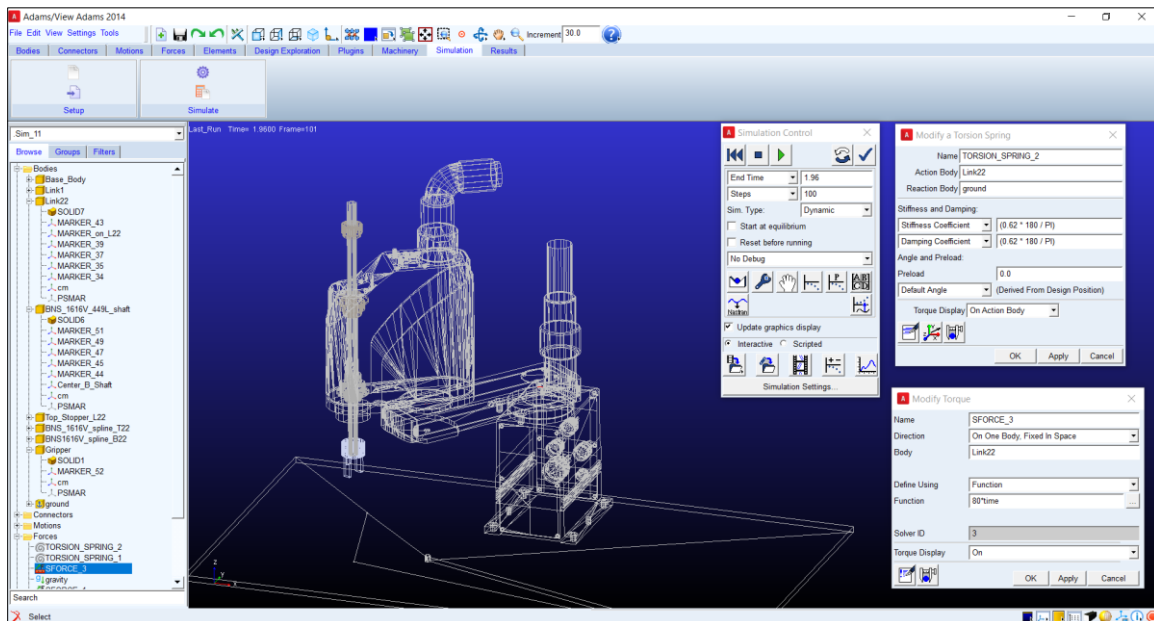
เขียนโปรแกรม LabVIEW เพื่อสร้าง Application คือ “Distance time record” ใช้สำหรับบันทึกระยะทางจาก Laser Displacement Sensor ทั้ง 2 ตัว และเปรียบเทียบกับเวลาจริง จากนั้นแปลงเป็นไฟล์ Excel และบันทึกไปยังโฟลเดอร์ที่ต้องการ



ภาพที่ 7 หน้าจอแสดงผล(Out Put) ระยะการเคลื่อนที่(mm.) เทียบกับ ช่วงของเวลา(s)

2.6 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม MSC Adams

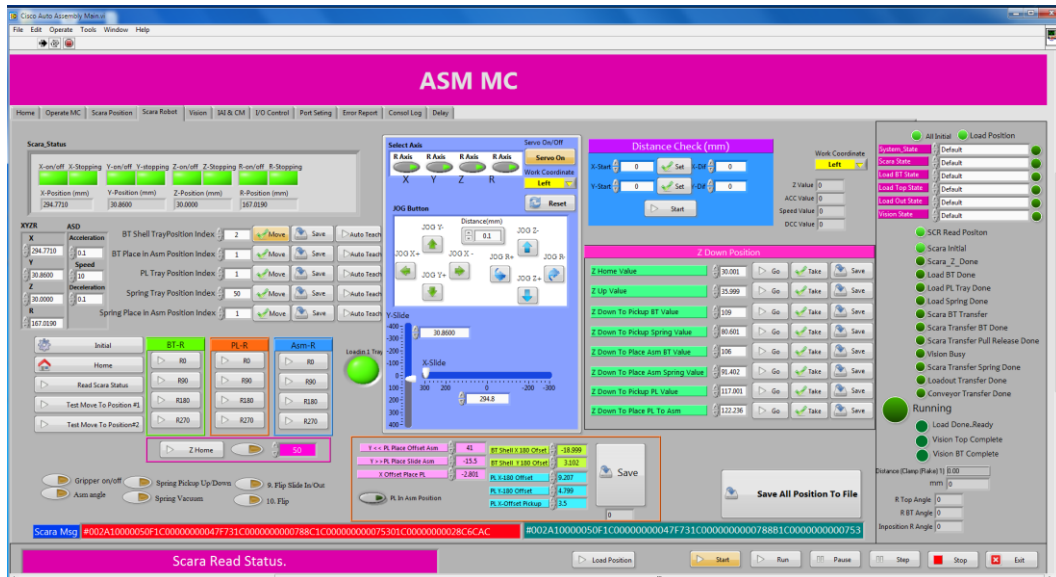
นำทำการสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ของ SCARA โดยใช้โปรแกรม MSC Adams ในที่นี้ใช้ Version 2014 เพื่อศึกษาว่าปลายแขนของ Scara Robot เกิดความคลานเคลื่อนตามแนวแกนอย่างไร ที่ความเร็ว และความเร่งต่างๆ



ภาพที่ 8 หน้าจอแสดงการสร้างแบบจำลองโดยโปรแกรม MSC Adams

2.7 ทำการทดลองโดยป้อนค่าพารามิเตอร์ความเร็ว และความเร่งต่างๆ โดยทำซ้ำ 5 ครั้งในแต่ละเงื่อนไข เพื่อเก็บค่าระยะความคลาดเคลื่อนตามแนวแกน x-y ที่เกิดขึ้น

แบ่งการทดลองเป็น 4 เงื่อนไข โดยป้อนค่าพารามิเตอร์ไปยังโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Scara Robot เพื่อบังคับให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังปลายทางด้วยความเร็วและความเร่งต่างๆ ดังจะกล่าวรายละเอียดของเงื่อนไขในผลการทดลอง เพื่อเก็บค่าระยะความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเทียบกับเวลาว่าส่งผลต่อความเปลี่ยนแปลงของระยะความคลาดเคลื่อนอย่างไร



ภาพที่ 9 หน้าจอแสดงโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Scara Robot

2.8 ทำการเก็บข้อมูลโดยโปรแกรม LabVIEW และพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์

ใช้ซอฟต์แวร์โปรแกรม LabVIEW ในการเขียนคำสั่งให้โปรแกรมรับและบันทึกค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ทั้ง 2 ตัว จากนั้นนำค่า Raw File ที่บันทึกมาสร้างแบบจำลอง 3D ด้วยโปรแกรม SolidWorks เพื่อหาตำแหน่งที่ปลายแขนหุ่นยนต์ของ แต่ละท่อน จากนั้นทำการบันทึกค่าตำแหน่ง X-Y ที่ได้และพล็อตกราฟ

2.9 เปรียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากโปรแกรม MSC Adams

นำกราฟผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองจริงมาเทียบกับกราฟที่ได้จากการ Simulation โดยโปรแกรม MSC Adams ว่าตรงกันหรือมีเทรนไปในทางเดียวกันหรือไม่ ถ้าผลลัพธ์ที่ได้มีเทรนเดียวกัน เราจึงสามารถใช้โปรแกรม MSC Adams นี้ในการทำแบบจำลองเพื่อทดลองต่อไป

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิเคราะห์ตำแหน่งความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการสั่นสะเทือนจะมีการจัดประเภทการเก็บข้อมูลของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในแนวระนาบ X-Y เป็นหลัก ซึ่งในแต่ละเงื่อนไขการทดลองจะทำการเคลื่อนที่ Scara Robot ซ้ำ 5 ครั้ง เพื่อวัดค่าเฉลี่ยของตำแหน่ง X-Y ที่เวลาใดๆ และนำมาพล็อตกราฟเทียบกับเวลา ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

- 1) ตำแหน่งความคลาดเคลื่อนของแขนกลตามแนวแกน X และ Y ที่ความเร็ว 10 และ ความเร่ง 0.1
- 2) ตำแหน่งความคลาดเคลื่อนของแขนกลตามแนวแกน X และ Y ที่ความเร็ว 50 และ ความเร่ง 0.1
- 3) ตำแหน่งความคลาดเคลื่อนของแขนกลตามแนวแกน X และ Y ที่ความเร็ว 10 และ ความเร่ง 0.4
- 4) ตำแหน่งความคลาดเคลื่อนของแขนกลตามแนวแกน X และ Y ที่ความเร็ว 50 และ ความเร่ง 0.4

ทำการบันทึกผลการทดลองจากการวัดค่าเฉลี่ยจริงจาก Laser Displacement Sensor และการหาตำแหน่งที่ปลายแขนหุ่นยนต์(Link-2)โดย SolidWorks Program ทั้ง 4 เงื่อนไขลงในตารางและพล็อตกราฟรวม เทียบกับกราฟที่ได้จากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดย MSC Adams Program เพื่อวิเคราะห์ผลและแนวโน้มจากความสัมพันธ์ของกราฟที่ได้

3.1 ผลการทดลองโดย Laser Displacement Sensor และการจำลองภาพ 3D โดย SolidWorks Program

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของตำแหน่งตามแนวแกน X ที่ปลายแขนกลของ Link-1 ที่ความเร็วและความเร่งใดๆเทียบกับเวลา

X Translation Position Profile @ Link 1								
Item	Speed 10_ACC&DCC0.1		Speed 50_ACC&DCC0.1		Speed 10_ACC&DCC0.4		Speed 50_ACC&DCC0.4	
	time(s)	X-Axis Translation Position (mm.)	time(s)	X-Axis Translation Position (mm.)	time(s)	X-Axis Translation Position (mm.)	time(s)	X-Axis Translation Position (mm.)
1	0	-196.991	0	-196.988	0	-196.985	0	-196.986
2	0.1785192	-196.643	0.177929	-196.688	0.1775596	-195.362	0.1779462	-194.204
3	0.3589402	-194.446	0.353481	-194.662	0.3558784	-185.161	0.3560368	-182.589
4	0.538225	-189.871	0.531038	-190.353	0.5329052	-163.914	0.5338518	-160.854
5	0.7193094	-182.634	0.709775	-173.423	0.711275	-144.746	0.7115772	-143.605
6	0.8980876	-172.228	0.887247	-173.398	0.8888742	-136.246	0.8906956	-136.717
7	1.0767874	-160.158	1.06568	-161.343	1.0693686	-136.109	1.071015	-136.111
8	1.257304	-149.873	1.241451	-151.011	1.2497116	-136.114		
9	1.436782	-142.772	1.419163	-143.353				
10	1.6157148	-138.285	1.600021	-138.796				
11	1.7940156	-136.126	1.781295	-136.117				
12	1.9697838	-136.121						

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของตำแหน่งตามแนวแกน Y ที่ปลายแขนกลของ Link-1 ที่ความเร็วและความเร่งใดๆเทียบกับเวลา

Y Translation Position Profile @ Link 1								
Item	Speed 10_ACC&DCC0.1		Speed 50_ACC&DCC0.1		Speed 10_ACC&DCC0.4		Speed 50_ACC&DCC0.4	
	time(s)	Y-Axis Translation Position (mm.)	time(s)	Y-Axis Translation Position (mm.)	time(s)	Y-Axis Translation Position (mm.)	time(s)	Y-Axis Translation Position (mm.)
1	0	-108.718	0	-108.724	0	-108.729	0	-108.727
2	0.1785192	-109.345	0.177929	-109.265	0.1775596	-111.618	0.1779462	-113.621
3	0.3589402	-113.207	0.353481	-112.835	0.3558784	-127.830	0.3560368	-131.478
4	0.538225	-120.723	0.531038	-119.961	0.5329052	-154.131	0.5338518	-157.325
5	0.7193094	-131.415	0.709775	-130.311	0.711275	-172.261	0.7115772	-173.213
6	0.8980876	-144.785	0.887247	-143.381	0.8888742	-179.059	0.8906956	-178.699
7	1.0767874	-158.033	1.06568	-156.823	1.0693686	-179.163	1.071015	-179.161
8	1.257304	-167.818	1.241451	-166.795	1.2497116	-179.159		
9	1.436782	-173.900	1.419163	-173.271				
10	1.6157148	-177.489	1.600021	-177.089				
11	1.7940156	-179.150	1.781295	-179.157				
12	1.9697838	-179.153						



ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของตำแหน่งตามแนวแกน X ที่ปลายแขนกลของ Link-2 ที่ความเร็วและความเร่งใดๆเทียบกับเวลา

X Translation Position Profile @ Link 2								
Item	Speed 10_ACC&DCC0.1		Speed 50_ACC&DCC0.1		Speed 10_ACC&DCC0.4		Speed 50_ACC&DCC0.4	
	time(s)	X-Axis Translation Position (mm.)	time(s)	X-Axis Translation Position (mm.)	time(s)	X-Axis Translation Position (mm.)	time(s)	X-Axis Translation Position (mm.)
1	0	-294.763	0	-294.778	0	-294.788	0	-294.806
2	0.1785192	-295.618	0.177929	-295.518	0.1775596	-298.440	0.1779462	-300.646
3	0.3589402	-300.273	0.353481	-299.777	0.3558784	-304.515	0.3560368	-303.225
4	0.538225	-304.811	0.531038	-304.697	0.5329052	-288.890	0.5338518	-285.650
5	0.7193094	-303.590	0.709775	-303.908	0.711275	-265.144	0.7115772	-264.473
6	0.8980876	-296.700	0.887247	-297.670	0.8888742	-243.472	0.8906956	-246.020
7	1.0767874	-284.834	1.06568	-286.141	1.0693686	-243.087	1.071015	-243.131
8	1.257304	-274.498	1.241451	-273.534	1.2497116	-243.125		
9	1.436782	-262.932	1.419163	-263.670				
10	1.6157148	-253.298	1.600021	-254.942				
11	1.7940156	-243.125	1.781295	-243.088				
12	1.9697838	-243.139						

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของตำแหน่งตามแนวแกน Y ที่ปลายแขนกลของ Link-2 ที่ความเร็วและความเร่งใดๆเทียบกับเวลา

Y Translation Position Profile @ Link 2								
Item	Speed 10_ACC&DCC0.1		Speed 50_ACC&DCC0.1		Speed 10_ACC&DCC0.4		Speed 50_ACC&DCC0.4	
	time(s)	Y-Axis Translation Position (mm.)	time(s)	Y-Axis Translation Position (mm.)	time(s)	Y-Axis Translation Position (mm.)	time(s)	Y-Axis Translation Position (mm.)
1	0	-30.836	0	-30.864	0	-30.885	0	-30.906
2	0.1785192	-32.997	0.177929	-32.73	0.1775596	-40.907	0.1779462	-48.084
3	0.3589402	-46.682	0.353481	-45.189	0.3558784	-90.688	0.3560368	-98.739
4	0.538225	-71.592	0.531038	-69.458	0.5329052	-156.567	0.5338518	-164.457
5	0.7193094	-99.878	0.709775	-97.019	0.711275	-205.863	0.7115772	-205.087
6	0.8980876	-133.314	0.887247	-129.914	0.8888742	-243.304	0.8906956	-239.345
7	1.0767874	-167.021	1.06568	-163.927	1.0693686	-243.821	1.071015	-243.749
8	1.257304	-177.502	1.241451	-191.555	1.2497116	-243.763		
9	1.436782	-208.347	1.419163	-207.802				
10	1.6157148	-226.446	1.600021	-223.296				
11	1.7940156	-243.774	1.781295	-243.826				
12	1.9697838	-243.747						

ตารางที่ 5 ค่า Error Position ตามแนวแกน X-Y ของปลาย Link-2 ที่ความเร็วและความเร่งใดๆ

ที่ความเร็ว 10 และความเร่ง 0.1

Scara Position		Actual Measure		MCS Adams Result	
X	Y	X	Y	X	Y
-243.274	-243.528	-243.139	-243.747	-242.947	-244.759
	Error	-0.05493	0.08992806	-0.134252	0.505486 %

ที่ความเร็ว 50 และความเร่ง 0.1

Scara Position		Actual Measure		MCS Adams Result	
X	Y	X	Y	X	Y
-243.274	-243.528	-243.088	-243.826	-243.359	-244.9054
	Error	-0.076457	0.12236786	0.0348167	0.5656023 %

ที่ความเร็ว 10 และความเร่ง 0.4

Scara Position		Actual Measure		MCS Adams Result	
X	Y	X	Y	X	Y
-243.274	-243.528	-243.125	-243.763	-243.614	-244.6724
	Error	-0.06124781	0.09649814	0.13967789	0.46992543 %

ที่ความเร็ว 50 และความเร่ง 0.4

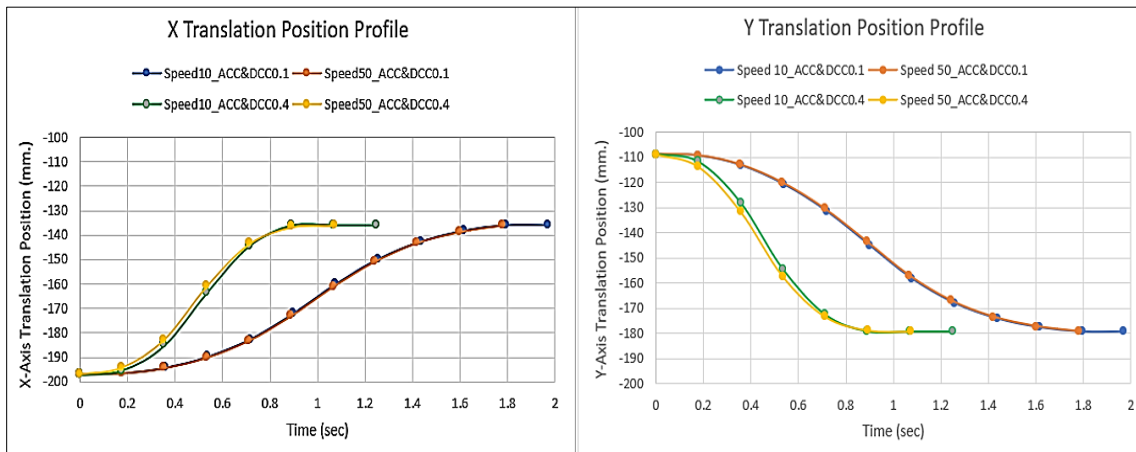
Scara Position		Actual Measure		MCS Adams Result	
X	Y	X	Y	X	Y
-243.274	-243.528	-243.131	-243.749	-243.665	-244.4733
	Error	-0.05878146	0.09074932	0.16068302	0.388168917 %

3.2 อภิปรายผลจากผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดจริงเทียบกับค่า X-Y ที่กำหนดในโปรแกรมควบคุม Scara Robot

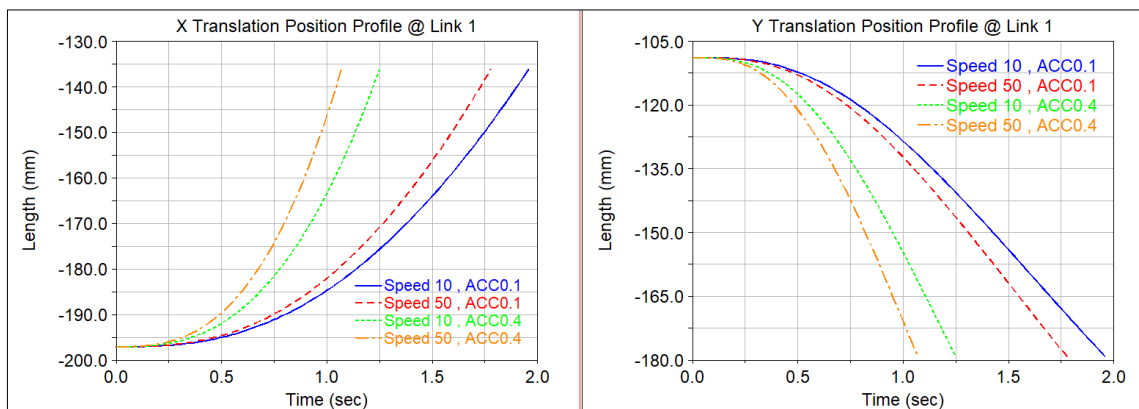
จากการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดจากทั้ง 2 Links จะเห็นได้ว่า เมื่อเรากำหนดให้แขนหุ่นยนต์สการาเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่คือ 0.1 แต่ปรับเพิ่มความเร็วจาก 10 เป็น 50 แนวนอนของกราฟคือ Cycle Time ลดลง แต่ลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในขณะที่เมื่อเรากำหนดให้เพิ่มความเร่งคือ จาก 0.1 เป็น 0.4 แต่ให้ความเร็วคงที่คือ 10 เหมือนกัน จะเห็นว่า Cycle Time จะลดลงอย่างเห็นได้ชัด

และจากตารางสรุปความคลาดเคลื่อน (Error Position) ตามแนวแกน ทั้ง X และ Y มีค่าน้อยมากจากทั้ง 4 กรณี ซึ่งอาจเกิดจากตัว Scara Robot ที่เราเลือกใช้มีการชดเชยการสั่นและความแม่นยำของตำแหน่งสูงคือ Positioning Repeatability = +/- 0.010 mm. ซึ่งน้อยมากอยู่แล้วตาม Specifications ของ Scara Robot รุ่น(Model) IX-NNN3515H-5L-T2 เอง

3.3 เปรียบเทียบกราฟที่ได้จากการทดลองกับกราฟที่ได้จากสร้างแบบจำลองโดย MSC Adams Program

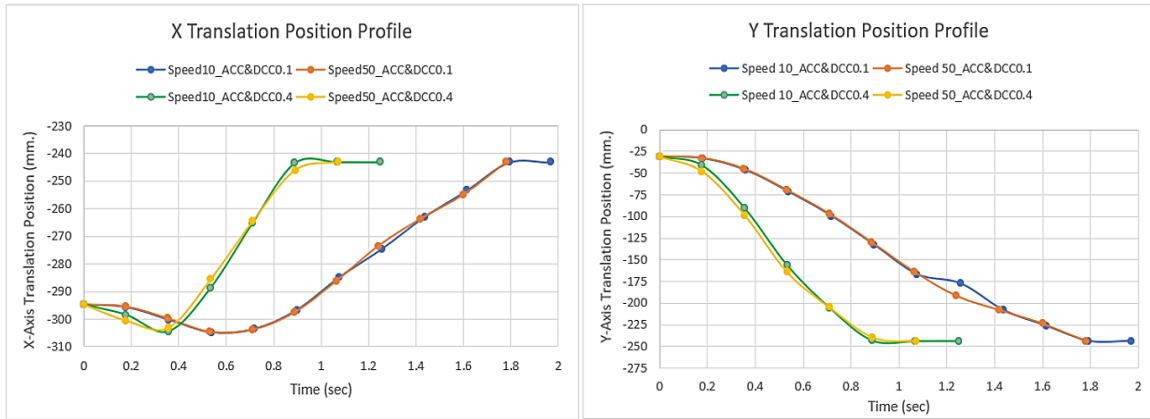


(a)

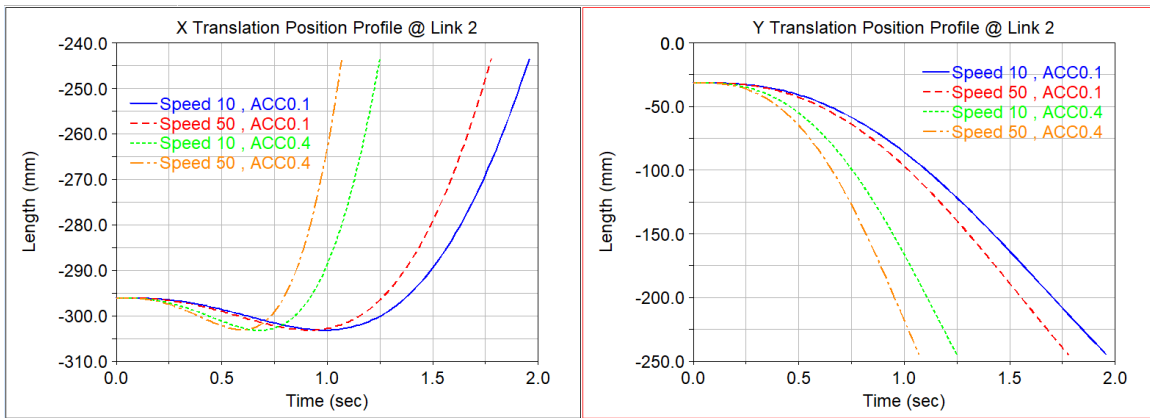


(b)

ภาพที่ 10 เปรียบเทียบแนวโน้ม X-Y Positions@ปลาย Link-1 จากการทดลอง(a) กับการ Simulate โดย MSC Adams(b)



(c)



(d)

ภาพที่ 11 เปรียบเทียบแนวโน้ม X-Y Positions@ปลาย Link-2 จากการทดลอง(c) กับการ Simulate โดย MSC Adams(d)

3.4 อภิปรายผล

3.4.1 เมื่อพิจารณาจากกราฟที่ได้จากการทดลองจริงเปรียบเทียบกับกราฟที่ได้จากโปรแกรม MSC Adams จะเห็นว่ามีการเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน และเมื่อมีการเพิ่มความเร็วโดยให้ความเร่งคงที่ ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่เกิดขึ้นจะมีค่าน้อยมากและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จะลดลงเล็กน้อยเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ในขณะที่ถ้าทดลองโดยเพิ่มความเร่งแต่ให้ความเร็วคงที่ ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งจะมีค่าน้อยมากเช่นกัน แต่เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จะลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากแกนหุ่นยนต์สกรูที่เลือกใช้มีการพัฒนาการขจัดแรงสั่นสะเทือนและมีค่า Specification ของค่า Repeatability อยู่ที่ ± 0.010 mm.

3.4.2 จากผลลัพธ์ที่ตรงกันนี้จึงสามารถพิสูจน์ทราบได้ว่าค่าที่ได้จากการ Simulation โดยโปรแกรม MSC Adams เป็นจริงทำให้เราสามารถทำนายความเร็วและความเร่งที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทำงานได้ เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่น้อยที่สุด รวมถึงสามารถนำเวลาที่เกิดจากความเร็วและความเร่งนี้ไปคำนวณหา UPH ของกระบวนการผลิตได้

3.4.3 โดยจากการวิจัยนี้ การเลือกเพิ่มความเร็วจะส่งผลให้ได้ UPH ที่ดีที่สุดในขณะที่ความคลาดเคลื่อนยังอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ตามความต้องการของผลิตภัณฑ์

4. สรุปผล ข้อเสนอแนะและวิธีการควบคุมปัจจัยอื่นๆที่อาจส่งผลต่อการทดลอง

4.1 สรุปผล

1. ลักษณะการเคลื่อนที่(Path) ของแขนหุ่นยนต์(SCARA Robot) มีผลต่อแรงสั่นยังใช้ความเร็วและความเร่งในการเคลื่อนที่สูง แรงสั่นยิ่งมากทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งมาก ซึ่งมีผลต่อความแม่นยำของการหยิบ-วางชิ้นงาน กล่าวคือ ยิ่งแรงสั่นมาก ความแม่นยำในการหยิบ-วางยิ่งน้อย

2. การลดอัตราเร่งก่อนหยิบและวางงานจะช่วยให้แรงสั่นลดลงและวางงานได้แม่นยำมากขึ้น แต่จะส่งผลให้ UPH น้อยลงเช่นกัน ดังนั้น การวิจัยนี้จึงช่วยให้เราหาค่าความเร็วและความเร่งสูงสุดที่เหมาะสมในการตั้งค่าพารามิเตอร์เพื่อควบคุม การเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์สการา ที่จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดหรืออยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ เพื่อให้ได้ค่า UPH สูงสุด

4.2 ข้อเสนอแนะและวิธีการควบคุมปัจจัยอื่นๆที่อาจส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง

1. ตามหลักการทำงานของโปรแกรม MSC Adams ถูกออกแบบมาเพื่อให้ผู้ใช้งานใช้งานได้อย่างง่ายไม่ซับซ้อน แต่ในบางงานวิจัยผู้ใช้งานจำเป็นต้องมีทักษะการใช้งานโปรแกรมอื่นร่วมด้วย และในงานวิจัยนี้คือ โปรแกรม SolidWorks เพื่อช่วยสร้างแบบจำลอง 3D ของ Scara Robot และทำการ Import File เข้าไปในโปรแกรม MSC Adams เพื่อทำการ Simulation Solution

2. โปรแกรม MSC Adams เป็นผลการประเมินและการวิเคราะห์ที่ได้จากการป้อนรายละเอียดเฉพาะ และในที่นี้รายละเอียดของส่วนประกอบในตัวหุ่นยนต์สการาซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ ผู้ใช้งานควรป้อนข้อมูลให้ถูกต้องครบถ้วนให้มากที่สุด เช่น

2.1) ขนาด Dimensions และน้ำหนักของ Scara Robot ต้องตรงตามรุ่นที่ทำการทดลอง

2.2) ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน c และ k ของข้อต่อแต่ละจุดและในงานวิจัยนี้เราใส่ค่า c และ k เป็นค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานทั้งหมดของข้อต่อหรือสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานรวมของ Joint ย่อยนั้นๆ

5. การนำไปประยุกต์การใช้งานที่เหมาะสม

เหมาะกับการนำไปช่วยคำนวณความเร็วและความเร่งในการตั้งค่าการทำงานของเครื่องจักร เพื่อช่วยให้การประกอบชิ้นส่วนงานเร็วขึ้นเพื่อเพิ่มกำลังการผลิต โดยที่ยังสามารถประกอบชิ้นงานได้ตรงตามตำแหน่งและแม่นยำอยู่ในขอบเขตหรือ tolerance ของงานที่ยอมรับได้

6. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] Surachai Hemhirun and Dittthaphat Tanpradit. (2022). Kinematics and Motion Modeling of a Robotic Arm using MATLAB Program. Srinakharinwirot University Engineering Journal, 17(1), 40-52. (In Thai)
- [2] Sarawut Thongmaha. (2018). A Design of Automatic Operations System for Truck Drum Brake Production Process [Master of Engineering]. Burapha University. (In Thai)
- [3] Chanom Loylom, Sitthiphong Rodmalai and Weerawut Masing. (2017). Industrial Robot Arm Model [Master of Engineering]. Burapha University. (In Thai)
- [4] Zhihai Li, Zhenwei Wu and Jing Cui. (2014). Vibration Suppression for Scara Robot with Magnetorheological Damper by Using Switching Control. in Proceeding of the IEEE International Conference on Information and Automation Hailar. July 2014. China.
- [5] Surat Punyakaew. (2020). Design and Development of Active Vibration Absorber. in Proceeding of the 2nd National Conference on Health Sciences Research and Innovation, Knowledge Transformation Towards Thailand 4.0, DOI:10.14456/nuej.2014.9