การออกแบบตัวเปลี่ยนเครื่องมืออัตโนมัติของแขนหุ่นยนต์คูก้าโดยใช้เซอร์โวมอเตอร์

Designing an Automatic tool Changer for KUKA Robot Arm Using servo motor

กรณิการ์ มูลโพธิ์

สาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และออโตเมชัน สถาบันนวัตกรรมมหานคร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530

Email: kornika@mut.ac.th

Manuscript Received October 24, 2024
Revised November 18, 2024
Accepted December 4, 2024

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบตัวเปลี่ยนเครื่องมืออัตโนมัติของแขนหุ่นยนต์คูก้าโดยใช้เซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนเครื่องมือโดยใช้งานเซอร์โวมอเตอร์เป็นตัวเชื่อมระหว่างอุปกรณ์ตัวสุดท้ายและตัวเชื่อมต่อหุ่นยนต์ เพื่อทำการเปลี่ยนเครื่องมือ 2 ชนิดคือ นิ้วมือหยิบจับ (Finger Gripper Tool) และอุปกรณ์หัวดูด (Vacuum Tool) ที่ขึ้นรูปอุปกรณ์ทั้งหมดด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ และใช้ระบบลมและโซลินอยด์วาวล์ในการสั่งงานเปิด-ปิดอุปกรณ์หยิบจับ โดยการทำงานของนิ้วมือหยิบจับจะใช้กระบอกสูบส่งพลังงานให้ก้านกระบอกสูบขยับ ซึ่งก้านกระบอกสูบจะเชื่อมต่อกับนิ้วมือของอุปกรณ์หยิบจับ จะทำให้สามารถหยิบและปล่อยชิ้นงานได้ ส่วนอุปกรณ์ดูดจะใช้หลักการความแตกต่างของแรงดันลม ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ดูดมีแรงพอที่จะยกและเคลื่อนย้ายชิ้นงานได้ โดยจากผลการทดสอบพบว่าสามารถเปลี่ยนเครื่องมือหยิบจับแบบอัตโนมัติได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน

คำสำคัญ: *ตัวเปลี่ยนเครื่องมือ ระบบอัตโนมัติ อุปกรณ์หยิบจับชิ้นงาน เครื่องพิมพ์ 3 มิติ แขนหุ่นยนต์ หุ่นยนต์คูก้า*

ABSTRACT

This article presents the design of an automatic tool changer for a KUKA robot arm using a servo motor. The servo motor acts as a connector between the end effector and the robot's connector to switch between two types of tools: a finger gripper tool and a vacuum tool. All components are 3D printed, and the system uses air pressure and solenoid valves to control the opening and closing of the gripper. The finger gripper operates by using a cylinder to move the piston rod, which is connected to the gripper fingers, allowing it to pick up and release objects. The vacuum tool uses air pressure differences to create enough force to lift and move objects. Test results show that the automatic tools changer can switch tools as required by the user.

Keywords: *Tool Changer, Automation, Gripper, 3D printer, Robot Arm, KUKA*

1. บทนำ

อุตสาหกรรม 4.0 ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโรงงานอุตสาหกรรมเป็นอย่างยิ่ง ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่หรือ

ขนาดเล็กมีการปรับตัวมาใช้ระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์อุตสาหกรรมกันมากขึ้น อย่างไรก็ดีการลงทุนในการปรับตัวของโรงงานขนาดเล็กก็ยังมีจำกัด การออกกแบบเครื่องมือติดปลายหุ่นยนต์ที่เหมาะสมกับชิ้นงานที่มีราคาถูกและสามารถใช้งานได้หลากหลายจึงเป็นตัวเลือกหลักของโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กนี้ [1] เทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ (3D printing technology) จึงเป็นทางเลือกหลักให้กับอุตสาหกรรมขนาดเล็กในการออกแบบเครื่องมือส่วนปลายของแขนหุ่นยนต์ให้มีการใช้งานได้จริง [2]

ในการใช้งานหุ่นยนต์อุตสาหกรรมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กจำเป็นต้องมีการใช้งานหุ่นยนต์อย่างคุ้มค่ามากที่สุด การออกแบบระบบอัตโนมัติให้สามารถทำงานหรือหยิบจับชิ้นงานได้หลากหลายโดยใช้หุ่นยนต์เพียง 1 ตัว จึงมีความสำคัญต่อโรงงานขนาดเล็กอย่างยิ่ง ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนเครื่องมือที่ส่วนปลายของหุ่นยนต์อยู่บ่อยครั้ง ทำให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นส่วนต่างที่ตรงรอยต่อและน๊อตต่าง ๆ ก่อให้เกิดความยุ่งยากต่อการใช้งานและเสียเวลาในการเปลี่ยนเครื่องมือส่งผลต่อจำนวนผลผลิตของโรงงานนั้น ๆ จึงเริ่มมีการพัฒนาและออกแบบการเปลี่ยนเครื่องมือส่วนปลายแบบอัตโนมัติขึ้น เช่นมีการออกแบบให้ส่วนปลายหุ่นยนต์สามารถใช้งานได้หลายเครื่องมือโดยการออกแบบเครื่องมือหลายชนิดในชิ้นส่วนเดียวกันและเลือกใช้เครื่องมือโดยการหมุนแขนหุ่นยนต์ไปยังมุมต่าง ๆ เพื่อเลือกใช้งานเครื่องมือที่เหมาะสม [3] ข้อดีของวิธีนี้คือสามารถหมุนแขนหุ่นยนต์เพื่อเปลี่ยนแปลงการใช้งานเครื่องมือได้อย่างรวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือไม่สามารถใช้งานเครื่องมือได้หลากหลายเนื่องจากข้อจำกัดของมุนในการใช้งานหุ่นยนต์ มีการออกแบบให้ส่วนปลายหุ่นยนต์เปลี่ยนเครื่องมือได้ด้วยการใช้หลักการต่างๆทำการยึดติดชิ้นส่วนเครื่องมือส่วนปลายให้ติดกับแขนหุ่นยนต์ด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น ใช้แรงลม [4] ซึ่งมีข้อเสียคือชิ้นส่วนต่างๆต้องกัดจากเครื่อง CNC เนื่องจากพื้นผิวต้องมีความเรียบเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดรอยรั่วของลมได้ซึ่งจะส่งผลต่อการรับน้ำหนักโหลดของหุ่นยนต์ และอื่น ๆ [5] - [6]

ดังนั้นบทความนี้จึงได้นำเสนอการออกแบบตัวเปลี่ยนเครื่องมืออัตโนมัติของหุ่นยนต์คูก้าโดยใช้เซอร์โวมอเตอร์ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อช่วยพัฒนาต้นแบบการเปลี่ยนเครื่องมือส่วนปลายแบบอัตโนมัติด้วยการยึดติดชิ้นส่วนเครื่องมือส่วนปลายให้ติดกับแขนหุ่นยนต์ตามบทความ [4] ด้วยวิธีการใช้แกนกลางตัวที (Component locking pin) ตามบทความ [2] ที่สร้างจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ มาประยุกต์ใช้งานแบบอัตโนมัติโดยใช้เซอร์โวมอเตอร์ เพื่อความสะดวกและความรวดเร็วในการใช้งานระบบอัตโนมัติ สามารถลดต้นทุนการผลิตเครื่องมือโดยใช้เทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ และเป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อไป

2. ทฤษฎีและการออกแบบ

บทความนี้สามารถแบ่งการทำงานได้เป็น 2 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้คือ ส่วนที่ 1 เป็นการออกแบบทางกล แบ่งเป็น 3 ส่วนย่อยคือ การออกแบบส่วนเชื่อมต่อส่วนสุดท้ายของแขน (End of Arm) การออกแบบส่วนโครงสร้างตัวรับ (End Effector) และการออกแบบส่วนของเครื่องมือหยิบจับ (Tools) โดยในบทความนี้จะออกแบบต้นแบบการหยิบจับชิ้นงานทรงลูกบาศก์ขนาดกว้าง 4 เซ็นติเมตร ยาว 4 เซ็นติเมตร และลึก 4 เซ็นติเมตร น้ำหนัก 300 กรัม ด้วยนิ้วมือจับ (Finger Gripper) และหัวดูด (Suction) และส่วนที่ 2 เป็นการออกแบบทางโปรแกรม แบ่งเป็น 2 ส่วนย่อยคือ การออกแบบโปรแกรมควบคุมเซอร์โวผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ และการออกแบบโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์คูก้า โดยการสั่งงานหลักจะอยู่ที่หุ่นยนต์คูก้า โดยมีการทำงานดังนี้

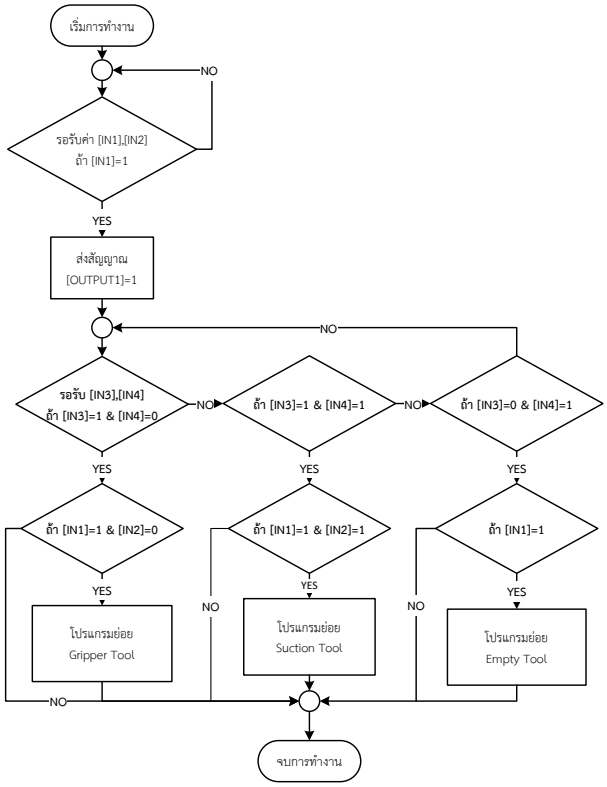
2.1 การออกแบบทางโปรแกรม

2.1.1 ส่วนการควบคุมหุ่นยนต์คูก้า

ส่วนของการควบคุมหุ่นยต์คูก้าเป็นหัวใจหลักในการสั่งงานผ่านคอนโทรลเลอร์ของหุ่นยนต์ และใช้ภาษาคูก้า (KUKA Language) ในการเขียนโปรแกรมโดยการสั่งงานจะเป็นการเขียนโปรแกรมย่อยที่สามารถนำไปใช้งานในโปรแกรมหลัก โดยเริ่มจากผู้ใช้เรียกโปรแกรมย่อย (Change Tools) ผู้ใช้งานจะกำหนดสัญญาณในการเรียกโปรแกรมย่อยต่าง ๆ ดังรูปที่ 1ผู้ใช้งานจะกำหนดการใช้งานเครื่องมือโดยกำหนดให้ หากต้องการใช้งานเครื่องมือหยิบจับชนิดนิ้วมือจับให้กำหนด IN1 เป็นจริง และ IN2 เป็นเท็จ และหัวดูดให้กำหนด IN1 เป็นจริง และ IN2 เป็นจริง โดยเมื่อ IN1=1 คูก้าจะส่งสัญญาณเอาท์พุตไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เช็คค่ามุมของเซอร์โวมอเตอร์ และคูก้าจะรอสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ทาง IN3 เพื่อบอกคูก้าว่าส่วนปลายของแขนหุ่นยนต์มีเครื่องมือหรือไม่ ถ้ามีเครื่องมืออยู่ให้ส่งสัญญาณสถานะจริงออกไป เมื่อคูก้าได้รับสัญญาณจะนำมาเปรียบเทียบกับการเรียกใช้งานของผู้ใช้ถ้าสัญญาณไม่

ตรงกันให้จบโปรแกรม แต่ถ้าตรงกันให้ทำตามโปรแกรมย่อย โดยในโปรแกรมย่อยจะมีการกำหนดตำแหน่งในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ เช่น ตำแหน่งเหนือเครื่องมือ ตำแหน่งใส่แกนตัวที และตำแหน่งโฮม เป็นต้น และจะส่งสัญญาณ output 2 และ 3 ไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์อีกครั้งเพื่อสั่งงานให้มอเตอร์หมุนไปยังมุมที่ต้องการเพื่อทำการยึดจับเครื่องมือตามผู้ใช้กำหนดต่อไป

ส่วนของการหยิบจับชิ้นงานจะใช้หลักการของนิวเมติกส์ที่สั่งงานผ่านคูก้าโดยคูก้าจะส่งสัญญาณดิจิตอลไปที่ output 4 เพื่อสั่งงานโซลินอยด์วาวล์เปลี่ยนทิศทางของลมให้ดันกระบอกสูบเพื่อสั่งงานปิด-เปิดนิ้วมือจับ และ output 5 เพื่อสั่งงานปิด-เปิดหัวดูด ตามลำดับ



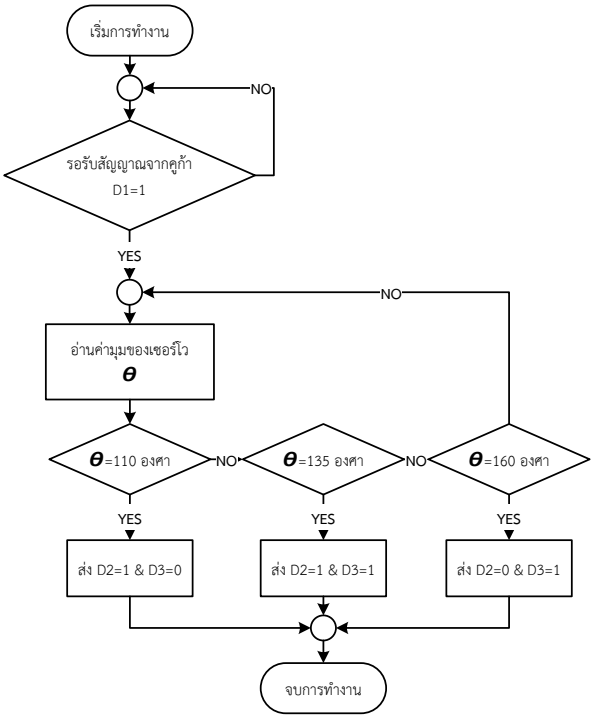
รูปที่ *1 บล็อคการทำงานโดยรวมของโปรแกรมย่อย Change Tools*

2.1.2 ส่วนควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์

ในส่วนนี้ได้เลือกใช้ Arduino UNO เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเริ่มต้นจากรอสัญญาณดิจิตอลอินพุตจากคูก้าด้วยแรงดัน 24 โวลต์เอาท์พุตจากคูก้า ส่งสัญญาณผ่านรีเรย์ และลดแรงดันจาก 24 โวลต์เป็นแรงดัน 3.3 โวลต์ ส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้า D1 เป็นจริงจะสั่งงานให้รับค่ามุมจากการสั่งงานเซอร์โวมอเตอร์ที่ตัวแปร θ เมื่ออ่านค่ามุมเรียบร้อยแล้วให้ส่งข้อมูลดิจิตอลเอาท์พุตไปยังคูก้าโดยทำการเชื่อมต่อ D2 กับ IN3 และ D3 กับ IN4 เพื่อทำการเช็คเครื่องมือโดยกำหนดให้ถ้าส่วนปลายหุ่นยนต์มีเครื่องมือนิ้วจับอยู่มุมที่ทำการยึดติดเครื่องมือจะมีค่าดังตารางที่1 โดยมีขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 2

ตารางที่1 *ค่าดิจิตอลอินพุต เอาท์พุต และค่ามุมที่อ่านได้จากเซอร์โวมอเตอร์*

ชนิดเครื่องมือ	ค่าดิจิตอลอินพุต	ค่ามุมที่ทำการยึดติดเครื่องมือ (องศา)	ค่าดิจิตอลเอาท์พุตที่ส่งให้คูก้า	
			D2 ->[IN3]	D3 ->[IN4]
Gripper	D1=1	110	1	0
Suction	D1=1	135	1	1
Empty tool	D1=1	160	0	1



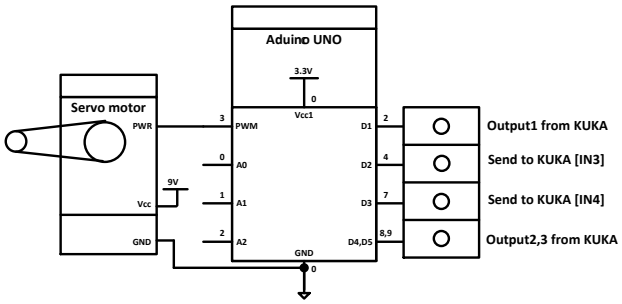
รูปที่ *2 ผังงานโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์*

ในส่วนโปรแกรมย่อยของเครื่องมือแต่ละโปรแกรม จะมีการส่งสัญญาณเอาท์พุต (Output 2 และ 3) จากคูก้ามาที่

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (D4 และ D5) เพื่อสั่งงานให้เซอร์โวมอเตอร์ทำงานเพื่อทำการยึดติด และปล่อยส่วนปลายเครื่องมือ ด้วยค่ามุมต่างๆที่กำหนดดังตารางที่ 2 และวงจรที่ใช้ในการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์แสดงดังรูปที่ 3 เมื่อ D4 และ D5 ได้รับค่ามาจากคูก้า ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณ PWM ไปยังเซอร์โวมอเตอร์เพื่อกำหนดให้มอเตอร์หมุนไปตามมุมที่กำหนด

ตารางที่2 *ค่าดิจิตอลอินพุต เอาท์พุต และค่ามุมที่สั่งงานเซอร์โวมอเตอร์หมุน*

ชนิดเครื่องมือ	ค่าดิจิตอลอินพุตที่ได้รับจากคูก้า		ค่ามุมที่สั่งให้หมุน
	D4 <- [Output2]	D5 <- [Output3]	θ (องศา)
Gripper	1	0	110
Suction	1	1	135
Empty tool	0	1	160



รูปที่ *3 วงจรควบคุมเซอร์โวมอเตอร์*

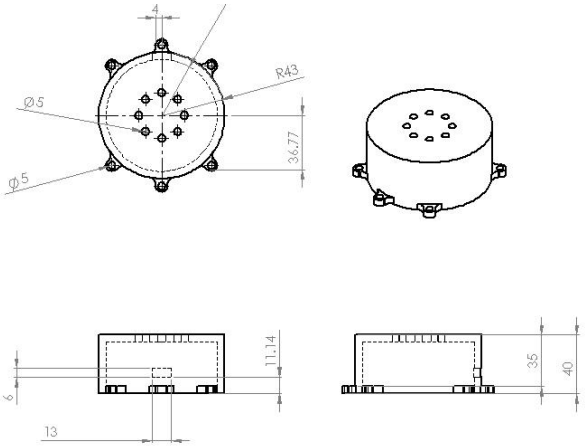
2.2การออกแบบทางกล

ในการออกแบบทางกลกำหนดให้ออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solidwork และใช้การขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ใช้วัสดุในการขึ้นรูปเป็นพลาสติก PLA กำหนดให้เครื่องมือสามารถรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 0.5 กิโลกรัม โดยออกแบบเครื่องมือที่ใช้งานกับหุ่นยนต์คูก้า KR3 R540 สามารถรับน้ำหนักโหลดได้ 3 กิโลกรัม

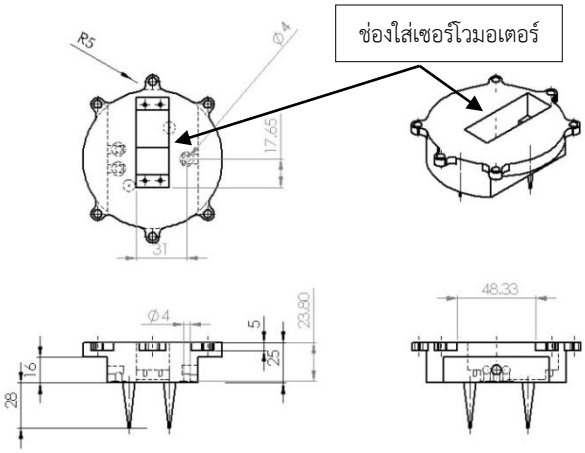
2.2.1 ส่วนเชื่อมต่อส่วนสุดท้ายของแขน (End of Arm) ประกอบด้วย 3 ส่วนชิ้นส่วนย่อยดังนี้

2.2.1.1 การออกแบบโครงสร้าง Connector Kuka

ส่วนนี้เป็นส่วนของฝาครอบหน้าแฟลงของแขนหุ่นยนต์แสดงภาพการออกแบบด้วยโปรแกรมดังรูปที่ 4



รูปที่ *4 การออกแบบ Connector Kuka*



รูปที่ *5 การออกแบบ End-Effector*

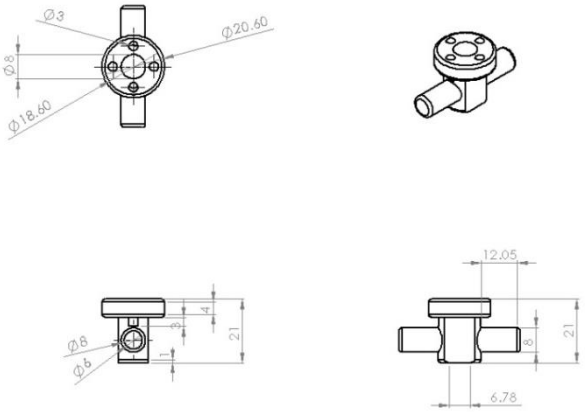
2.2.1.2 การออกแบบโครงสร้าง End-Effector

ส่วนนี้เป็นส่วนเชื่อมต่อกับ Connector Kuka เป็นส่วนที่ใช้ใส่เซอร์โวมอเตอร์เพื่อควบคุมแกนตัวทีเป็นส่วนปลายสุดของแขนหุ่นยนต์ก่อนที่จะไปยึดติดส่วนปลายเครื่องมือต่อไป ภาพการออกแบบด้วยโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 5 จะเห็นว่าในส่วนนี้จะมีส่วนของไกด์นำทางเพื่อให้ตำแหน่งการเชื่อมต่อมีความแม่นยำมากขึ้น

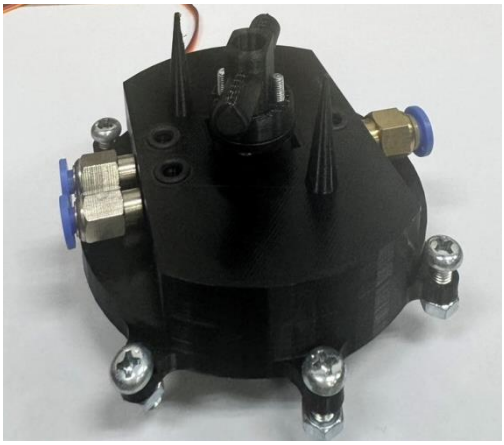
2.2.1.3 การออกแบบโครงสร้างแกนกลางตัวที (Component locking pin)

ส่วนนี้เป็นส่วนเชื่อมต่อกับกับส่วนปลายสุดของแขนหุ่นยนต์ ซึ่งส่วนนี้จะเป็นส่วนยื่นที่จะใช้ในการสอดเข้าตัวรับเพื่อล็อคและยึดติด

ส่วนปลายของแขนหุ่นยนต์กับเครื่องมือ ภาพการออกแบบด้วยโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 6 และภาพประกอบชิ้นส่วนส่วนปลายแขนหุ่นยนต์ทั้งหมดตั้งแต่หัวข้อที่ 2.2.1.1 ถึง 2.2.1.3 แสดงดังรูปที่ 7 โดยตัวล็อคในส่วนนี้จะเป็นตัวรับน้ำหนักของโหลดและชิ้นงานเครื่องมือโดยได้แสดงผลการวิเคราะห์แรงไว้ดังตารางที่ 3



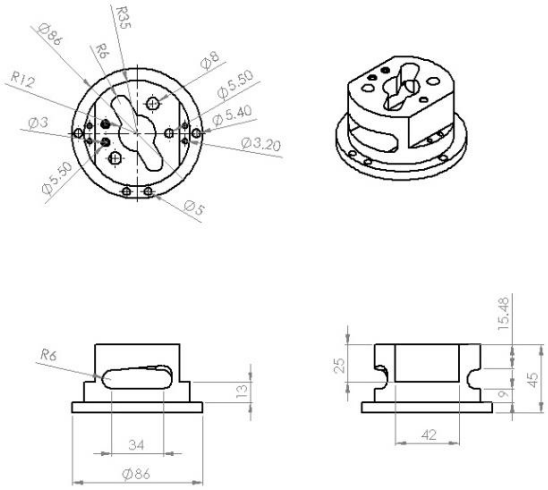
***รูปที่** 6 การออกแบบโครงสร้างแกนกลางตัวที*



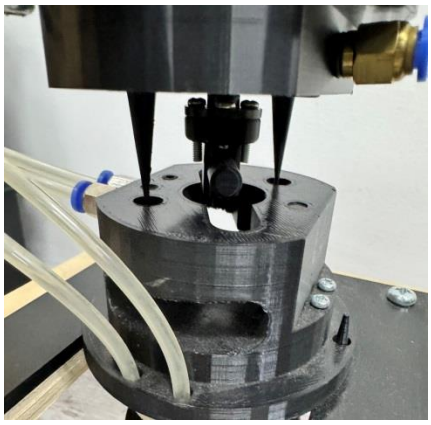
***รูปที่** 7 ชิ้นส่วนส่วนปลายแขนหุ่นยนต์ทั้งหมดที่เกิดจากการขึ้นรูปจริงจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ*

2.2.2 การออกแบบส่วนโครงสร้างตัวรับ End-Effector

ส่วนนี้เป็นส่วนรับโครงสร้างแกนกลางตัวที ออกแบบให้เป็นร่องโดยเอียงทำมุม 160 องศาของการหมุนเซอร์โวมอเตอร์เพื่อรับแกนตัวทีที่ต่อกับเซอร์โวมอเตอร์ในส่วนปลายสุดของแขน ซึ่งได้ออกแบบแสดงดังรูปที่ 8 และรูปที่ 9 แสดงภาพตัวอย่างการสอดเข้าตัวรับและตำแหน่งไกด์นำทางเพื่อล็อคและยึดติดเครื่องมือ



รูปที่ 8 การออกแบบส่วนโครงสร้างตัวรับ End-Effector

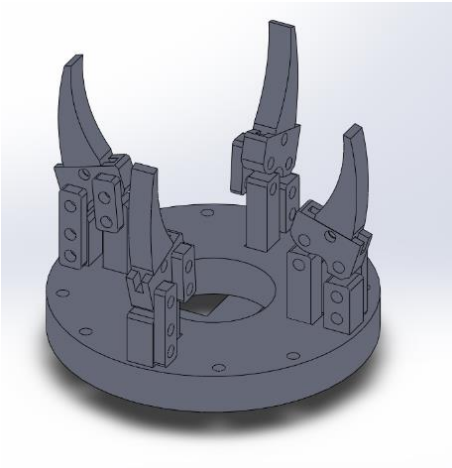


***รูปที่** 9 ตัวอย่างการสอดเข้าตัวรับ และตำแหน่งไกด์นำทางเพื่อล็อคและยึดติดเครื่องมือ*

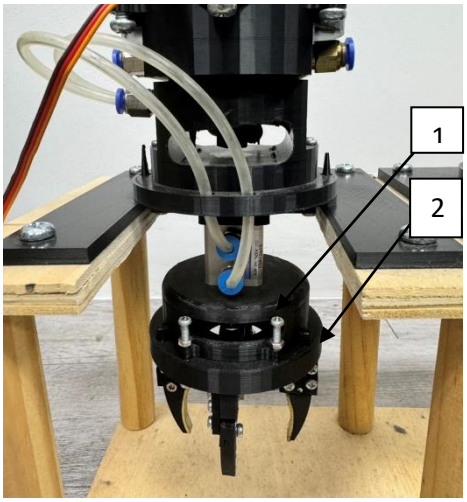
2.2.3 ส่วนอุปกรณ์หยิบจับ (Tools)

2.1.3.1 อุปกรณ์หยิบจับชนิด Finger Gripper

การออกแบบโครงสร้าง Finger Gripper จะจำลองการทำงานเปรียบเสมือนนิ้วของมนุษย์ [7] โดยมีข้อต่อในการหยิบจับ 2 ข้อเหมือนนิ้วโป้ง และใช้ทั้งหมด 4 นิ้ว เพื่อช่วยกระจายน้ำหนักและแรงกดทำให้นิ้วแต่ละนิ้วไม่รับภาระน้ำหนักมากจนเกินไป โดยในการออกแบบนิ้วมือจะมีชิ้นส่วนต่าง ๆ ทั้งสิ้น 6 ชิ้นส่วนนำมาประกอบบนฐาน สามารถแสดงภาพ 3 มิติได้ดังรูปที่ 10 และเมื่อนำชิ้นส่วนทั้งหมดมาการประกอบรวมกันจะแสดงได้ดังภาพที่ 11 ซึ่งจะเห็นว่ามีส่วนของกระบอกลมและฐานรองกระบอกลม แสดงตัวเลขที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



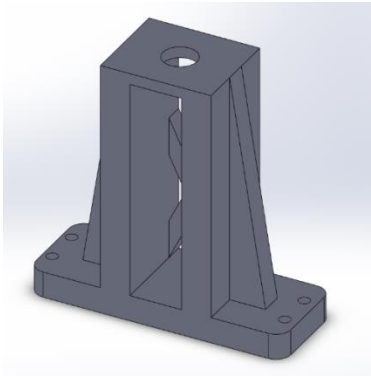
รูปที่ *10 ภาพ 3 มิติของอุปกรณ์หยิบจับชนิด Finger Gripper*



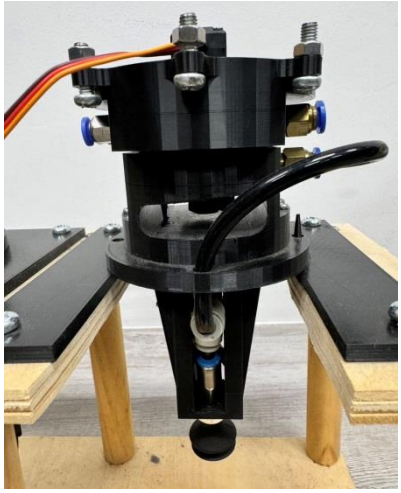
รูปที่ *11 ชิ้นส่วนทางกลร่วมกันทั้งหมดเมื่อทำการยึดติดกับอุปกรณ์หยิบจับชนิด Finger Gripper*

2.1.2.2 อุปกรณ์หยิบจับชนิดหัวดูด (Suction)

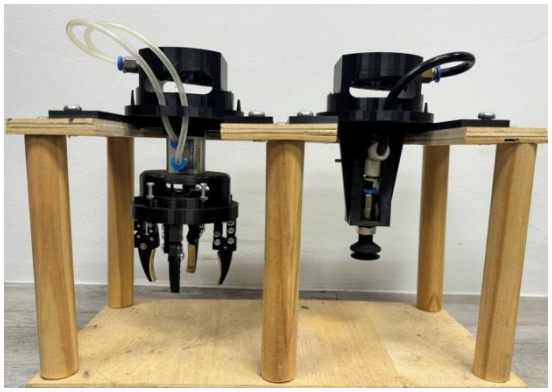
การออกแบบโครงสร้าง Suction tool ต้องเลือกขนาดของหัวดูดที่สามารถรับน้ำหนักของโหลดชิ้นงานได้ โดยได้ออกแบบฐานครอบหัวดูดแบบ 3 มิติ แสดงดังรูปที่ 12 และแสดงภาพประกอบชิ้นส่วนทางกลร่วมกันทั้งหมดเมื่อทำการยึดติดกับอุปกรณ์หยิบจับชนิดหัวดูด ดังรูปที่ 13 และนำเครื่องมือทั้ง 2 ชนิด มาวางบนฐานรองสำหรับใช้งานจริงแสดงดังรูปที่ 14



รูปที่ *12 ภาพ 3 มิติของอุปกรณ์หยิบจับชนิดหัวดูด*



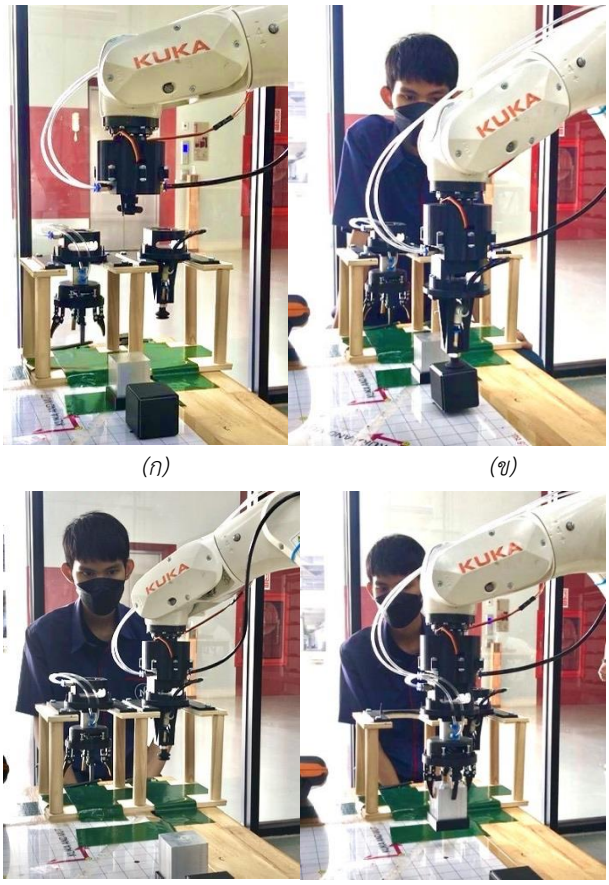
รูปที่ *13 ชิ้นส่วนทางกลร่วมกันทั้งหมดเมื่อทำการยึดติดกับอุปกรณ์หยิบจับชนิดหัวดูด*



รูปที่ *14 ฐานรองเครื่องมือ ที่ใช้งานจริง*

ตารางที่ 3 *ผลการวิเคราะห์แรงด้วยโปรแกรม Solidwork*

ชิ้นงาน	แรง (N)	Von Mises (MPa)	Yield strength (MPa)	Displacement (mm.)	Factor of Safety
Connector Kuka	100	2.96	65	0.5	2
Component locking pin	100	6.58	65	0.97	2
ตัวรับ End Effector	100	6.23	65	0.8	2
Finger Gripper	100	5.69	65	1.02	2
Suction tool	100	2.95	65	0.68	6



(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่ *15 การทำงานขณะเปลี่ยนเครื่องมืออัตโนมัติ (ก) ภาพแสดงการทำงานที่ตำแหน่งโฮมของหุ่นยนต์ (ข) ภาพแสดงการไปรับเครื่องมือหัวดูดมาใช้งาน (ค) ภาพแสดงการคืนหัวดูดใส่ฐาน (ง) ภาพแสดงการเปลี่ยนเครื่องมือเป็นนิ้วมือจับมาใช้งาน*

3. ผลการทดลอง

เมื่อนำชิ้นส่วนทั้งหมดมาประกอบรวมกันกับแขนหุ่นยนต์คูก้าและเขียนโปรแกรมทำงานจริง โดยจากการจำลองการทำงานพบว่าสามารถเขียนโปรแกรมให้แขนหุ่นยนต์เปลี่ยนเครื่องมือได้อัตโนมัติโดยไม่ต้องใช้มนุษย์ช่วยในการเปลี่ยน แสดงการทำงานได้ดังรูปที่ 15(ก) – (ง) แสดงให้เห็นถึงกระบวนการเปลี่ยนเครื่องมือโดยเริ่มตั้งแต่จุดเริ่มต้นที่ตำแหน่งโฮมและแขนหุ่นยนต์ไม่มีเครื่องมือ เมื่อมีการสั่งงานจากผู้ใช้ให้ไปรับเครื่องมือหัวดูด คูก้าจะส่งสัญญาณไปที่อาร์ดูโน่เพื่อเช็คมุมของเซอร์โว เมื่อได้ค่ามุมได้ตำแหน่ง 160 องศา แล้วอาร์ดูโน่จะส่งข้อมูล D2=0 และ D3=1 ไปยังคูก้าเพื่อบอกว่าแขนหุ่นยนต์ไม่มีเครื่องมือ จากนั้นจะเข้าสู่โปรแกรมย่อยไม่มีเครื่องมือ ทำการเช็คค่า IN1 และ IN2 ว่าผู้ใช้งานต้องการให้ไปรับเครื่องมืออะไรจากนั้นไปที่ตำแหน่งเหนือเครื่องมือ ลดแกน Z เพื่อสอดเข้าตัวรับ End effector คูก้าส่งสัญญาณไปที่อาร์ดูโน่เพื่อให้มอเตอร์หมุนไปที่ 135 องศา ตัวกลางแกนทีล็อคตัวรับให้ยึดติดกับเครื่องมือหัวดูด เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเหนือเครื่องมือ และพร้อมใช้งาน เมื่อจะเปลี่ยนเครื่องมือให้ผู้ใช้เรียกโปรแกรมย่อยทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนแรก โดยผู้ใช้จะทำการเปลี่ยนหัวดูดเป็นนิ้วมือจับ หุ่นยนต์จะเริ่มต้นที่ตำแหน่งโฮมอีกครั้ง จากนั้นคูก้าจะส่งสัญญาณไปที่อาร์ดูโน่เพื่อเช็คมุมของเซอร์โว เมื่ออ่านค่ามุมจะได้ค่ามุม 135 องศา แล้วอาร์ดูโน่จะส่งข้อมูล D2=1 และ D3=1 ไปยังคูก้าเอบกว่าแขนหุ่นยนต์มีเครื่องมือหัวดูด จากนั้นเข้าสู่โปรแกรมย่อย Suction tools ทำการเช็คค่า IN1 และ IN2 ว่าผู้ใช้งานต้องการให้ไปรับเครื่องมืออะไร จากนั้นให้ไปตำแหน่งเหนือ Suction tools ลดแกน Z เพื่อวางเครื่องมือบนฐาน จากนั้นคูก้าส่งสัญญาณไปที่อาร์ดูโน่เพื่อให้มอเตอร์หมุนไปที่ 160 องศา ตัวกลางแกนทีอยู่ตำแหน่งปลดล็อค เคลื่อนที่ขึ้นไปที่ตำแหน่งเหนือ Suction tools จากนั้นไปยังตำแหน่งเหนือ Finger Gripper ลดแกน Z เพื่อสอดเข้าตัวรับ End effector คูก้าส่งสัญญาณไปที่อาร์ดูโน่เพื่อให้มอเตอร์หมุนไปที่ 110 องศา ตัวกลางแกนทีล็อคตัวรับให้ยึดติดกับเครื่องมือนิ้วมือจับ เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเหนือเครื่องมือ และพร้อมใช้งาน ทำซ้ำเมื่อผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนเครื่องมือ

4. สรุป

จากการทดลองพบว่าสามารถเปลี่ยนเครื่องมือแบบอัตโนมัติได้ด้วยเงื่อนไขของน้ำหนักชิ้นงานไม่เกิน 0.5 กิโลกรัมจากวัสดุขึ้นรูปที่

เป็น TPU (Thermoplastic Polyurethane) ที่ใช้งานทั่วไปสำหรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ โดยเครื่องมือไม่เกิดความเสียหาย ซึ่งระยะเวลาในการเปลี่ยนเครื่องมือแบบอัตโนมัติแต่ละครั้งประมาณ 2 นาที เมื่อเทียบกับการเปลี่ยนเครื่องมือโดยใช้มนุษย์จะต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนเครื่องมือและไขน๊อตอุปกรณ์ไม่ต่ำกว่า 5 นาที และสามารถเพิ่มน้ำหนักชิ้นงานได้โดยการเปลี่ยนวัสดุในการขึ้นรูปชิ้นงานให้มีความแข็งแรงมากขึ้นได้ ข้อเสียของการเปลี่ยนเครื่องมือโดยใช้วิธีการกำหนดตำแหน่งและรับส่งข้อมูลแบบดิจิตอล คือไม่สามารถเคลื่อนย้ายตำแหน่งฐานของชิ้นงานได้ เมื่อตำแหน่งคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยอาจทำให้เครื่องมือเกิดความเสียหายได้ โดยสามารถทำการพัฒนาต่อไปได้โดยการนำกล้องเข้ามาช่วยในการตัดสินใจและระบุตำแหน่งได้ในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายสิรวิชญ์ วงศ์แก้ว นักศึกษาสาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ช่วยทำการทดลองจนงานสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Meiying Qin, Jake Brawer and Brian Scassellati, “Robot tool use: A survey”, Frontiers in Robotics and AI, 16 Jan 2023, P.1-17.
[2] Dimitris Mourtzis, John Angelopoulos, Michalis Papadokostakis, Nikos Panopoulos, "Design for 3D Printing of a Robotic Arm Tool Changer under the framework of Industry 5.0." Procedia CIRP 115 (2022), P.178-183.
[3] Sanchez, Daniel, Weiwei Wan, and Kensuke Harada. "Four-arm collaboration: Two dual-arm robots work together to manipulate tethered tools." IEEE/ASME Transactions on Mechatronics 27.5 (2021), P.3286-3296.
[4] D.Dhanawade, N.V.Sabnis, and P.Gavali, “Tool Changer Selection for the Robot to Attach and Detach the End of Arm Tooling”, Proceedings of International Conference on Intelligent Manufacturing and Automation: ICIMA 2020, P.367-374.
[5] Mihail Babcinschi, “Automatic Tool Changer on Collaborative Robots”, Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Master in Mechanical Engineering in the specialty of Production and Project, Universidad de Coimbra, July, 2018.
[6] H.Ambrosio and M.Karamanoglu, “Design and Development of and Automation Tool Changer for an Articulated Robot arm”, 27th International Conference on CADCAM, Robotics and Factories of the Future 2014, P.1-6.
[7] S.Sitjongsataporn, K.Moolpho and S.Prongnuch, “Gripper Finger Design for Automatic Bottle Opener”, Advances in Science, Technology and Engineering Systems Jornal, Vol.6, No.2, 1065-1073(2021), P.1065-1073.

กรณิการ์ มูลโพธิ์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีและปริญญาเอก วิศวกรรมไฟฟ้า สาขาอิเล็กทรอนิกส์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ในปี พ.ศ.2544 และ พ.ศ.2549 ตามลำดับ เริ่มทำงานที่ภาควิชาวิศวกรรมระบบวัดคุมและเมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ในปี พ.ศ.2549 ถึงปัจจุบัน มีความสนใจในงานด้านออกแบบวงจรรวมที่ใช้พลังงานและแรงดันต่ำ งานด้านระบบควบคุมอัตโนมัติและนวัตกรรมหุ่นยนต์