

การควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC PLC CONTROLLED KUKA MECHANICAL ARM

กำไร จันทรพรหม¹ ธเนศ ภูกัน² เอกชัย ชูเที่ยง³
Kamrai Janprom¹ Thanet Phugun² Ekachai Chootieng³

บทความวิจัย

วันที่รับบทความ 25 พฤศจิกายน 2564

วันที่แก้ไขบทความ 16 ธันวาคม 2564

วันที่ตอบรับบทความ 30 ธันวาคม 2564

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการทำงานและควบคุมแขนกล KUKA โดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (พีแอลซี) ในการต่อร่วมในระบบควบคุม 2) ออกแบบคู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ พีแอลซี 3) หาประสิทธิภาพ ของคู่มือและขั้นตอนควบคุมแขนกล KUKA 4) ศึกษาความพึงพอใจของคู่มือและขั้นตอนควบคุมแขนกล KUKA กลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่ 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านการควบคุมการใช้งานแขนกลร่วมกับพีแอลซี จำนวน 5 ท่าน 2) นักศึกษาปริญญาตรี เทคโนโลยีไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย จำนวน 45 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบการทดสอบประสิทธิภาพ และแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานคู่มือและขั้นตอนควบคุมแขนกล KUKA โดยใช้สถิติ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{1,2} นักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3

^{3,4} อาจารย์ประจำ สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3

^{1,2} Undergraduate Student in Electrical Technology, Sukothai Technical College, Institute of Vocational Education Northern Region 3

^{3,4} Lecturer in Electrical Technology, Sukothai Technical College, Institute of Vocational Education Northern Region 3

E-mail: kamrai.janprom@gmail.com

จากการวิจัยพบว่า 1) การทำงานและควบคุมแขนกล KUKA โดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (พีแอลซี) ในการต่อรวมในระบบควบคุมมีประสิทธิภาพในการทำงานสำเร็จ 100 % 2) ความพึงพอใจของการใช้คู่มือและขั้นตอนควบคุมแขนกล KUKA ของผู้เชี่ยวชาญ ในภาพรวมอยู่ในระดับ มาก 3) ความพึงพอใจของการใช้คู่มือและขั้นตอนควบคุมแขนกล KUKA ของกลุ่มตัวอย่าง ในภาพรวมอยู่ในระดับ มาก

คำสำคัญ : แขนกล KUKA PLC

Abstract

The purposes of this research were: 1) to study the operation and control of the KUKA robotic arm using Programmable Logic controller (PLC) to install with the control system 2) to design manual and control procedure KUKA robotic arm with PLC 3) to find manual and control procedure efficiency of KUKA robotic arm. 4) to study manual and control procedure of KUKA robotic arm satisfaction. A sample was divided to 2 groups 1) 5 experts of the operation and KUKA robotic arm control with PLC 2) 45 Bachelor's degree students in Electric technology at Sukhothai Technical College. The instruments to collect data were efficiency test and manual and control procedure KUKA robotic arm satisfaction questionnaire. Data was analyzed by frequency value, percentage, means and stand deviation.

The finding of this research found that 1) the operation and control of the KUKA robotic arm using Programmable Logic controller (PLC) to install with the control system was 100 percent. 2) Satisfaction of experts to use manual and control procedure KUKA robotic arm was at a must level. 3) it was found that satisfaction of using manual and control procedure KUKA robotic arm a sample was at a must level.

Keywords : KUKA Robot, PLC, KUKA Robotics Arm procedures manual

บทนำ

กระบวนการผลิตในปัจจุบันมีการใช้หุ่นยนต์กันอย่างแพร่หลาย และหน้าที่หนึ่งที่นิยมใช้หุ่นยนต์ในการทำงาน คือ การประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยในขั้นตอนประกอบนั้น หุ่นยนต์มักจะทำหน้าที่หยิบชิ้นส่วนหนึ่งเข้าไปประกอบอีกชิ้นส่วนหนึ่ง ซึ่งเรามักเรียกหุ่นยนต์ที่ทำหน้าที่หยิบและวาง (Pick and Place) ซึ่งในขั้นตอนนี้ส่วนที่สำคัญในกระบวนการผลิตที่ต้องจัดเตรียม คือ การกำหนดตำแหน่งและแนวการวางตัว (Position and Orientation) ของชิ้นส่วนทั้งสองต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้เท่านั้น เพราะหุ่นยนต์เองจะได้รับการสอนและโปรแกรมให้หยิบชิ้นส่วนแรกที่ตำแหน่งและแนววางตัวที่แน่นอน เพื่อนำไปประกอบเข้ากับชิ้นส่วนที่สอง ซึ่งจะมีการกำหนดตำแหน่งและแนววางตัวที่แน่นอนเช่นเดียวกัน

งานวิจัยนี้เป็นการเสนอแนวทางใหม่ในกระบวนการควบคุมหุ่นยนต์ขึ้นมาเพื่อใช้ในกระบวนการหยิบจับชิ้นงาน โดยหุ่นยนต์นี้จะทำหน้าที่หยิบชิ้นส่วนที่หนึ่ง แล้วนำไปวางในตำแหน่งที่ต้องการ ข้อที่แตกต่างจากหุ่นยนต์และวิธีการที่ใช้กันในปัจจุบัน คือ หุ่นยนต์นี้จะติดตั้งระบบการควบคุมร่วมกับ PLC เพื่อช่วยให้การทำงานอีกทั้งยังสามารถใช้วิธีการ Vacuum เพื่อดูดจับชิ้นงานแล้วเคลื่อนย้ายได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

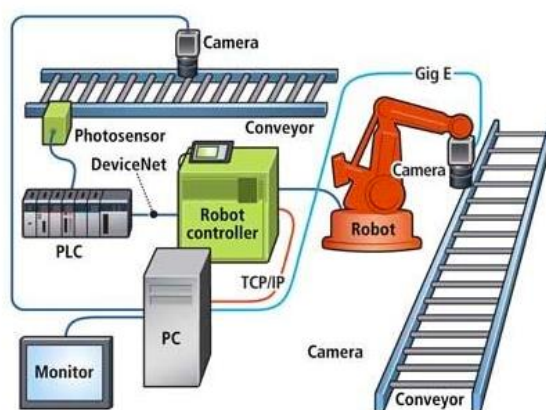
1. เพื่อศึกษาการทำงานและควบคุมแขนกล KUKA โดยใช้ PLC ในการต่อร่วมในระบบควบคุมแขนกล KUKA
2. เพื่อออกแบบคู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC
3. เพื่อหาประสิทธิภาพของคู่มือและขั้นตอนควบคุมแขนกล KUKA
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของคู่มือและขั้นตอนควบคุมแขนกล KUKA

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหุ่นยนต์

หุ่นยนต์เป็นเทคโนโลยีที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิต เพราะความสามารถที่ทำงานได้คล้ายกับมนุษย์และไม่รู้จักเหนื่อยล้า ในปัจจุบันนั้นได้มีการพัฒนา หุ่นยนต์กันอย่างต่อเนื่องจนสามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์พร้อมกับแสดงปฏิกิริยาตามโปรแกรมที่ป้อนไว้เพื่อให้มนุษย์เข้าใจได้หุ่นยนต์หรือที่เรียกกันว่า Robot เริ่มต้นในปี ค.ศ. 1760 โดยมีการนำเอาเครื่องจักรไอน้ำเข้ามาทำงานแทนคนงานในโรงงาน ในปี ค.ศ. 1954 ได้มีการสร้างหุ่นยนต์ตัวแรกของโลกโดย George C. Devol วิศวกรชาวอเมริกานพร้อมกับจดสิทธิบัตร และจากนั้นก็ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยี

หุ่นยนต์เรื่อย ๆ จนถึงปัจจุบัน หุ่นยนต์มีส่วนประกอบคือ 1) Actuator เป็นอุปกรณ์หรือชุดขับเคลื่อนเพื่อให้แขนกลหรือหุ่นยนต์เคลื่อนไหว 2) Manipulators เป็นส่วนประกอบเพื่อช่วยเรื่องของการเคลื่อนที่ซึ่งประกอบด้วย แขน (Links) และข้อต่อ (Joints) 3) End Effectors เป็นส่วนท้ายสุดของแขนกลไว้ใช้ในการทำงานต่าง ๆ 4) Sensor เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบสถานะตำแหน่งหรือข้อมูลที่ต้องการว่า ได้ หรือยังหรือมีค่าเท่าไรเทียบกับประสาทสัมผัสของมนุษย์ 5) Power Supply เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ของแขนกล ไม่ว่าจะเป็น กระแสไฟฟ้าหรือวาล์วที่ใช้ควบคุมกระบอกสูบ 6) Controller เปรียบเสมือนสมองของมนุษย์ที่คอยควบคุมขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำงานของระบบแขนกล โดยสั่งการไปยังชุดขับเคลื่อนเพื่อเป็นไปตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ และ 7) Program เป็นการกำหนดขั้นตอนต่าง ๆ ของการทำงานเพื่อให้ได้งานตามที่ต้องการ



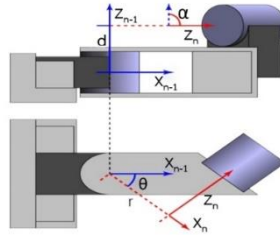
ภาพที่ 1 รายละเอียดอุปกรณ์ต่อพ่วงที่ใช้กับ หุ่นยนต์แขนกล [1]

จากภาพที่ 1 แสดงถึงรายละเอียดอุปกรณ์ต่อพ่วงที่ใช้ร่วมกับหุ่นยนต์แขนกล ซึ่งสามารถทำงานร่วมกันได้หลากหลายรูปแบบ

Robot KUKA [2,3,4] เป็นการนำหุ่นยนต์ไปใช้ในงานท้ายไลน์การผลิตการยกชิ้นงานจากบนพาเลท Loading ขึ้นรถบรรทุก เช่น Bag, กระสอบเคลือบลามิเนต เราออกแบบ Gripper ให้เหมาะกับงานที่หุ่นยนต์ต้องไปหยิบชิ้นงานบนพาเลท ไปวางใน Conveyor Robot สามารถทำงานตลอดทั้งวัน โดยไม่ต้องมีพนักงานคอยอยู่ดูแลตามกระบวนการผลิตที่ผลิตตลอดเวลา ด้วยระยะแขนของหุ่นยนต์สามารถวางชิ้นงานได้หลายที่ขึ้นอยู่กับ INFEED / OUTFEED

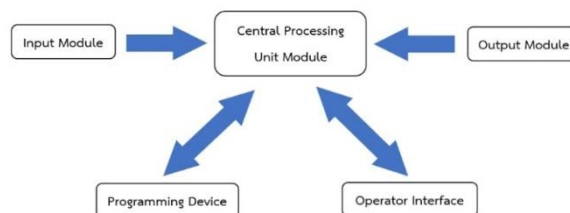
การหา DH Parameters: DH Parameters ย่อมาจากคำว่า Denavit-Hartenberg Parameters เป็นการสร้างตัวแปรเพื่อนำมาใช้ในการหาสมการการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ซึ่งมีตัวแปรทั้งหมด 4 ตัวได้แก่

- 1) Link Length (a_i) คือ ระยะทางของ X_i ที่ตั้งฉากระหว่างแกน Z_i ถึงแกน Z_{i+1}
- 2) Link Twist (α_i) คือ มุมระหว่าง Z_{i-1} และ Z_i ที่มองจากหัวลูกศร X_{i-1} เข้าไป
- 3) Link Offset (d_i) คือ ระยะทางระหว่างแกน A_{i-1} ที่ตัดบนแกน Z_i กับแกน A_i ที่ตัดบนแกน Z_i
- 4) Joint Angel (θ_i) คือมุมระหว่างแกน X_{i-1} กับแกน X_i โดยพิจารณาบนแกน Z_i จากค่าอธิบายตัวแปรทั้ง 4 ตัวนั้นสามารถแสดงได้ ดังแสดงในภาพที่ 2



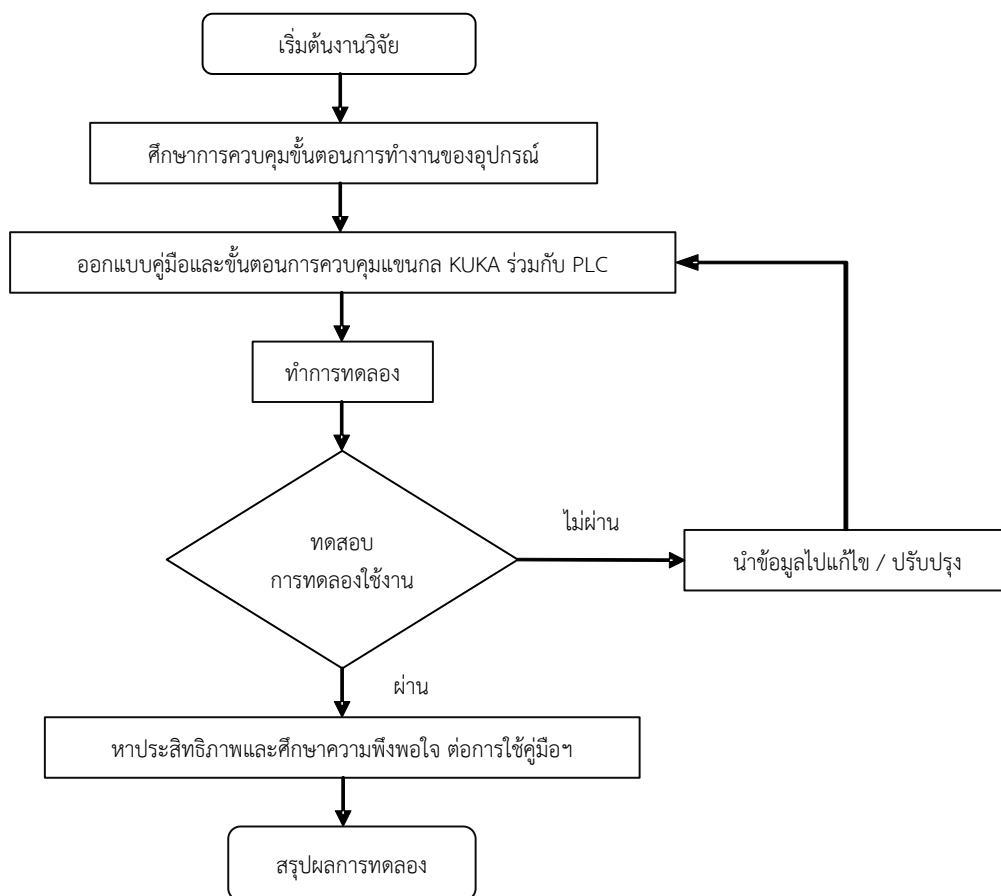
ภาพที่ 2 รายละเอียดของตำแหน่งตัวแปรต่าง ๆ ของ DH Parameters [5]

การควบคุมด้วยพีแอลซี (Programmable Logic Controller, PLC) [6] PLC เริ่มพัฒนาครั้งแรกในช่วงปี ค.ศ. 1968 เพื่อตอบสนองความต้องการของอุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศสหรัฐอเมริกา และเริ่มติดตั้งเพื่อใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรมการผลิตในปี ค.ศ. 1969 ต่อมา PLC ก็ได้มีการพัฒนาขึ้นสามารถที่จะใช้ควบคุมอุปกรณ์ได้หลากหลายมากขึ้น สิ่งที่ทำให้ PLC เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางในแวดวงอุตสาหกรรมอัตโนมัติและได้นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ เพราะอุปกรณ์นี้มีความทนทาน ทนต่อสภาพอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปได้ดี มีชุดอินพุตและเอาต์พุต บรรจุรวมเข้าอยู่กับชุดควบคุม และการเขียนชุดคำสั่งหรือภาษาที่ใช้เน้นง่ายต่อความเข้าใจ ในการทำงานของ PLC จะมีส่วนประกอบอยู่หลายส่วนที่ทำงานสอดคล้องและประสานกัน สำหรับส่วนประกอบหลักของ PLC จะประกอบด้วยส่วนหรือ Module ต่าง ๆ ได้แก่ โมดูลอินพุต (Input Modules) หน่วยประมวลผลกลาง หรือ Central Processing Unit (CPU) โมดูลเอาต์พุต (Output Modules) และอุปกรณ์ใช้ในการโปรแกรม (Programming Device) ซึ่งการเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ นี้ เป็นดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของ PLC

วิธีดำเนินการวิจัย

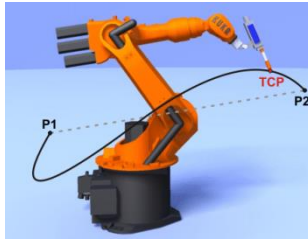


ภาพที่ 4 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยนำผลจากศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องโดยศึกษาจากเอกสารประกอบการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดองค์ประกอบและออกแบบการจัดทำคู่มือการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC โดยประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

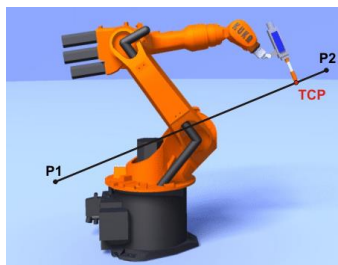
1. คำชี้แจงในการใช้คู่มือ
2. อธิบายการควบคุมและคำสั่งการทำงาน
3. ใบงานแบบทดสอบคำสั่งต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความเข้าใจในการใช้งาน แบ่งออกเป็นตอน ดังนี้
ตอนที่ 1 การสร้างโปรแกรมและการเริ่มใช้งาน

ตอนที่ 2 การเขียนโปรแกรมแบบ PTP (Point-to-point) ไม่สนใจทางเดินสนใจแต่ปลายทาง P1 ไปถึง P2



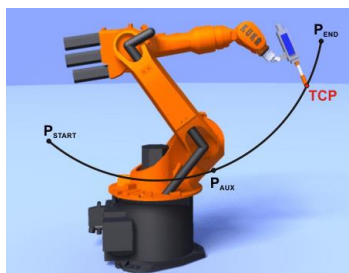
ภาพที่ 5 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมแบบ PTP (Point-to-point)

ตอนที่ 3 การเขียนโปรแกรมแบบ LIN Linear เส้นทางการเดินจะเดินเป็นเส้นตรง P1 ไปถึง P2



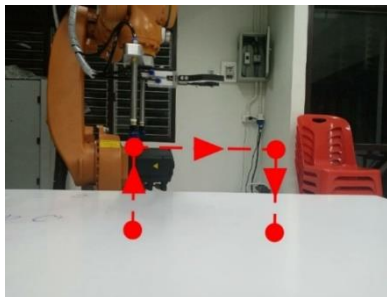
ภาพที่ 6 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมแบบ LIN Linear

ตอนที่ 4 การเขียนโปรแกรมแบบ CIRC Circular เส้นทางการเดิน จะเดินเป็นเส้นโค้ง PSTART ไปถึง PEND โดยมีรัศมีเป็น PAUX



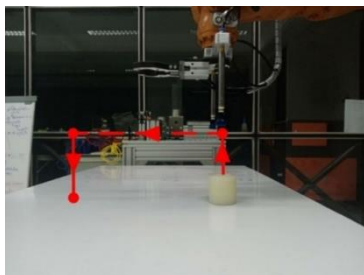
ภาพที่ 7 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมแบบ CIRC Circular

ตอนที่ 5 การเขียนโปรแกรมแบบ PTP: Point-to-point การย้ายสิ่งของจากต้นทาง P1 ไปถึง P4 หรือ Pn และ เพิ่มคำสั่ง Wait Time เพื่อการหน่วงเวลา



ภาพที่ 8 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมแบบ PTP: Point-to-point และเพิ่มคำสั่ง Wait Time

ตอนที่ 6 การเขียนโปรแกรมแบบ PTP: Point-to-point การย้ายสิ่งของจากต้นทาง P1 ไปถึง P4 หรือ Pn เพิ่มคำสั่ง Wait Time และ คำสั่ง Vaccump เพื่อการดูดจับสิ่งของและย้ายตำแหน่งสิ่งของ



ภาพที่ 9 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมแบบ PTP: Point-to-point เพิ่มคำสั่ง Wait Time และคำสั่ง Vaccump

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากแบบประเมินของผู้เชี่ยวชาญ แบบการทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ทดลอง ใช้คู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC ของกลุ่มตัวอย่าง ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วนำผลการวิจัยด้วยวิธีการทางสถิติโดยมีการนำเสนอผลการวิจัยดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการหาประสิทธิภาพการใช้งานคู่มือและขั้นตอนการควบคุม
แขนกล KUKA ร่วมกับ PLC จากผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์ปัญหา

รายการ	การวิเคราะห์ปัญหาการใช้งานคู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC						
	การทดลองครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	รวม	คิด
		1	2	3	4	จำนวน	เป็น %
1.วิเคราะห์ใบงานแบบทดสอบที่ 1		สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	5	100%
2.วิเคราะห์ใบงานแบบทดสอบที่ 2		สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	5	100%
3.วิเคราะห์ใบงานแบบทดสอบที่ 3		สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	5	100%
4.วิเคราะห์ใบงานแบบทดสอบที่ 4		สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	5	100%
5.วิเคราะห์ใบงานแบบทดสอบที่ 5		สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	5	100%
6.วิเคราะห์ใบงานแบบทดสอบที่ 6		สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	5	100%
7.วิเคราะห์ใบงานแบบทดสอบที่ 7		สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	สำเร็จ	5	100%
ค่าเฉลี่ยจากการใช้แบบคู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC ในชุดฝึกทั้ง 7 ใบงานแบบทดสอบ						5	100%

จากตารางที่ 1 พบว่าผลการทดลองการหาประสิทธิภาพจากการใช้แบบคู่มือและขั้นตอนการควบคุม
แขนกล KUKA ด้วย PLC มีประสิทธิภาพสามารถใช้งานได้สำเร็จคิดเป็น 100%

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ
คู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC

ลำดับที่	ด้านการออกแบบ คู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC	คะแนนรวม	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	รูปแบบการออกแบบคู่มือ	17	3.40	0.55	ปานกลาง
2	การจัดวางข้อมูลการออกแบบครบถ้วน	19	3.80	0.45	มาก
3	คู่มือนี้มีองค์ประกอบของรูปแบบชัดเจน	20	4.00	0.70	มาก
4	ข้อมูลแต่ละตอนของคู่มือนี้ครอบคลุมเนื้อหาและการกำหนดบทบาทหน้าที่ที่มีความชัดเจน	19	3.80	0.45	มาก
5	เนื้อหาของคู่มือนี้เข้าใจง่าย มีความชัดเจนง่ายต่อการนำไปปฏิบัติ	20	4.00	0.71	มาก
ค่าเฉลี่ย		19	3.80	0.57	พึงพอใจมาก

จากตารางที่ 2 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความพึงพอใจด้านการออกแบบคู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.80$, S.D. = 0.57) โดยหัวข้อคู่มือมีองค์ประกอบของรูปแบบชัดเจนและเนื้อหาของคู่มือนี้เข้าใจง่าย มีความชัดเจนง่ายต่อการนำไปปฏิบัติ มีค่าสูงมากที่สุด คือ พึงพอใจมาก ($\bar{X} = 4.00$, S.D. = 0.71) รองลงมา คือ ข้อมูลแต่ละตอนของคู่มือนี้ครอบคลุมเนื้อหาและการกำหนดบทบาทหน้าที่ที่มีความชัดเจน และการจัดวางข้อมูลการออกแบบครบถ้วน มีค่าอยู่ระดับพึงพอใจมาก ($\bar{X} = 3.80$, S.D. = 0.45) ส่วนรูปแบบการออกแบบคู่มือ มีค่าน้อยที่สุด คือ พึงพอใจปานกลาง ($\bar{X} = 3.40$, S.D. = 0.55)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้งานคู่มือและขั้นตอน การควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC

ลำดับที่	ด้านการใช้งานคู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC	คะแนน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	รูปแบบของคู่มือนี้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	17	3.40	0.55	ปานกลาง
2	คู่มือนี้เป็นไปได้ที่จะใช้เป็นแนวปฏิบัติให้สามารถทำงานได้ตามขั้นตอน และมีประสิทธิภาพ	19	3.80	0.45	มาก
3	คู่มือนี้มีความเป็นไปได้ที่สถานศึกษาจะนำไปใช้ อย่างเหมาะสม เป็นระบบ ระเบียบ เรียบร้อย	18	3.60	0.55	มาก

4	ขั้นตอนการใช้งานไม่ยุ่งยาก	17	3.40	0.55	ปานกลาง
5	สะดวกในการใช้งาน	19	3.80	0.45	มาก
	ค่าเฉลี่ย	18	3.60	0.51	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความพึงพอใจด้านการใช้งานคู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.60$, S.D.= 0.51) โดยหัวข้อคู่มือนี้เป็นไปได้ที่จะใช้เป็นแนวปฏิบัติให้สามารถทำงานได้ตามขั้นตอนและมีประสิทธิภาพ และสะดวกในการใช้งาน มีค่าสูงสุด คือ พึงพอใจมาก ($\bar{X}=3.80$, S.D.= 0.45) รองลงมา คือ คู่มือนี้มีความเป็นไปได้ที่สถานศึกษาจะนำไปใช้อย่างเหมาะสมเป็นระบบ ระเบียบ เรียบร้อย มีค่าอยู่ระดับพึงพอใจมาก ($\bar{X}=3.60$, S.D.= 0.55) ส่วนรูปแบบของคู่มือนี้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน และด้านสะดวกในการใช้งาน มีค่าน้อยที่สุด คือ พึงพอใจปานกลาง ($\bar{X}=3.40$, S.D.= 0.55)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญในการใช้คู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC โดยภาพรวม

ลำดับ ที่	คู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	ด้านการออกแบบคู่มือและขั้นตอนการควบคุม แขนกล KUKA ร่วมกับ PLC	3.80	0.57	พึงพอใจมาก
2	ด้านการใช้งานคู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขน กล KUKA ร่วมกับ PLC	3.60	0.51	พึงพอใจมาก
	ค่าเฉลี่ย	3.70	0.54	พึงพอใจมาก

จากตารางที่ 4 พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญในการใช้คู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.70$ S.D.= 0.54) โดยด้านการออกแบบคู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.80$ S.D.= 0.57) ส่วนด้านการใช้งานคู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.60$ S.D.= 0.51)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับของกลุ่มตัวอย่างใช้งาน ด้านการออกแบบ ค่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC

ลำดับที่	ด้านการออกแบบ ค่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC	คะแนน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	รูปแบบการออกแบบค่มือ	200	4.44	0.55	พึงพอใจมาก
2	การจัดวางข้อมูลการออกแบบครบถ้วน	194	4.31	0.56	พึงพอใจมาก
3	ค่มือนี้มีองค์ประกอบของรูปแบบชัดเจน	193	4.29	0.51	พึงพอใจมาก
4	ข้อมูลแต่ละตอนของค่มือนี้ครอบคลุมเนื้อหาและการกำหนดบทบาทหน้าที่ที่มีความชัดเจน	207	4.60	0.58	พึงพอใจมากที่สุด
5	เนื้อหาของค่มือนี้เข้าใจง่าย มีความชัดเจนง่ายต่อการนำไปปฏิบัติ	192	4.270	0.58	พึงพอใจมาก
	ค่าเฉลี่ย	197.200	4.38	0.55	พึงพอใจมาก

จากตารางที่ 5 พบว่า ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อการใช้งานค่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.38, S.D. = 0.55) โดยข้อมูลแต่ละตอนของค่มือนี้ครอบคลุมเนื้อหาและการกำหนดบทบาทหน้าที่ที่มีความชัดเจน มีความพึงพอใจ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.60, S.D. = 0.58) ส่วนหัวข้ออื่น ๆ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก เรียงตามลำดับดังนี้ รูปแบบการออกแบบค่มือ ($\bar{X}$ = 4.44, S.D. = 0.55) การจัดวางข้อมูลการออกแบบครบถ้วน ($\bar{X}$ = 4.31, S.D. = 0.56) ค่มือนี้มีองค์ประกอบของรูปแบบชัดเจน ($\bar{X}$ = 4.29, S.D. = 0.51) และเนื้อหาของค่มือนี้เข้าใจง่าย มีความชัดเจนง่ายต่อการนำไปปฏิบัติ ($\bar{X}$ = 4.27, S.D. = 0.58)

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับของกลุ่มตัวอย่างต่อต้านการใช้งาน ค่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC

ลำดับที่	ด้านการใช้งานค่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC	คะแนน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	รูปแบบของค่มือนี้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	196	4.36	0.74	พึงพอใจมาก
2	ค่มือนี้เป็นไปได้ที่จะใช้เป็นแนวปฏิบัติให้สามารถทำงานได้ตามขั้นตอน และมี	191	4.24	0.77	พึงพอใจมาก

ประสิทธิภาพ					
3	คู่มือนี้มีความเป็นไปได้ที่สถานศึกษาจะนำไปใช้อย่างเหมาะสม เป็นระบบ ระเบียบ เรียบร้อย	196	4.36	0.77	พึงพอใจมาก
4	ขั้นตอนการใช้งานคู่มือไม่ยุ่งยาก	205	4.56	0.76	พึงพอใจมากที่สุด
5	สะดวกในการใช้งานคู่มือ	190	4.22	0.80	พึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ย		197.400	4.35	0.68	พึงพอใจมาก

จากตารางที่ 6 พบว่าความพึงพอใจกลุ่มตัวอย่างต่อการใช้งานคู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC ในภาพรวม มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.34$, S.D.= 0.68) โดยขั้นตอนการใช้งานคู่มือไม่ยุ่งยาก มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{X}=4.56$, S.D.= 0.76) ส่วนหัวข้ออื่นๆมีความพึงพอใจอยู่ในระดับพึงพอใจมาก เรียงตามลำดับดังนี้ รูปแบบของคู่มือนี้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน ($\bar{X}=4.36$, S.D.= 0.74) คู่มือนี้มีความเป็นไปได้ที่สถานศึกษาจะนำไปใช้อย่างเหมาะสม เป็นระบบ ระเบียบ เรียบร้อย ($\bar{X}=4.36$, S.D.= 0.74) คู่มือนี้เป็นไปได้ที่จะใช้เป็นแนวปฏิบัติให้สามารถทำงานได้ตามขั้นตอนและมีประสิทธิภาพ ($\bar{X}=4.24$, S.D.= 0.77) และด้านสะดวกในการใช้งานคู่มือ ($\bar{X}=4.22$, S.D.= 0.80)

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับของกลุ่มตัวอย่างต่อการใช้คู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC โดยภาพรวม

ลำดับที่	คู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	ด้านการออกแบบ คู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC	4.38	0.55	พึงพอใจมาก
2	ด้านการใช้งานคู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC	4.35	0.68	พึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ย		4.36	0.62	พึงพอใจมาก

จากตารางที่ 7 พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อการใช้คู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC ในภาพรวม อยู่ระดับมาก ($\bar{X}=4.36$, S.D.= 0.62) ด้านการออกแบบคู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC ระดับ

มาก ($\bar{X}$ =4.38, S.D.= 0.55) ด้านการใช้งานคู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC ระดับความมาก ($\bar{X}$ =4.35, S.D.= 0.68)

การอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยแสดงว่าคู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC ที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์การใช้งานคู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC 100% เนื่องจากผู้วิจัยได้ศึกษาการทำงานและการควบคุมแขนกลโดยใช้ PLC ในการต่อร่วมกับระบบควบคุม ออกแบบคู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC ผู้เชี่ยวชาญมีความพึงพอใจต่อคู่มือ และขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC ทั้งในด้านการออกแบบและด้านการใช้งาน ในระดับ มาก ทั้งนี้คู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC ที่สร้างขึ้น เข้าใจง่าย ขั้นตอนการใช้งานไม่ยุ่งยาก สะดวกในการใช้งาน มีรูปแบบเหมาะสมต่อการใช้งาน อีกทั้งมีความชัดเจนต่อการนำไป ปฏิบัติและเมื่อนำคู่มือไปใช้ประกอบการเรียนการสอน นักศึกษาปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อคู่มือและขั้นตอนการควบคุมแขนกล KUKA ร่วมกับ PLC ในภาพรวมอยู่ใน ระดับมาก เนื่องจากข้อมูลแต่ละตอนของคู่มือครอบคลุมเนื้อหา และกำหนดบทบาทหน้าที่ชัดเจน มี ขั้นตอนการใช้งานที่ไม่ยุ่งยาก สอดคล้องกับงานวิจัยของพันศักดิ์ เนระ [7] ที่ศึกษาการทำงานของ หุ่นยนต์แบบหีบและวาง โดยใช้ชุดคำสั่งเฉพาะในการสั่งการ Robot เพื่อให้ระบบการทำงานทั้งสองส่วน ทำงานสอดคล้องและทำงานอย่างถูกต้องไปพร้อมกันผลที่คาดว่าจะได้รับระบบลำเลียงชิ้นงานสามารถ ลำเลียงชิ้นงาน และสอดคล้องกับงานวิจัยของภูษิต บุญยทรัพย์ [8] ที่ศึกษาการทำงานของตัวแขนกลโดย ใช้เซอร์โว และงานวิจัยของชมทิพ พรพนมชัย และคณะ [9] ที่ได้พัฒนาการควบคุมการทำงานของแขน กลหุ่นยนต์คอมพิวเตอร์ผ่านระบบเครือข่าย โดยการนำเทคนิคการส่งข้อมูลจากผู้ขอใช้บริการ (Client) ไปยังผู้ให้บริการ (Server) เพื่อใช้ในการควบคุมในการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าของแขนกลหุ่นยนต์ คอมพิวเตอร์ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า แขนกลหุ่นยนต์คอมพิวเตอร์ในการวิจัยนี้สามารถทำงานตามที่ เครื่องลูกข่ายคอมพิวเตอร์สั่งงานในการควบคุมแขนกลหุ่นยนต์คอมพิวเตอร์ได้จริง โดยทำการทดสอบ ทั้งหมด 6 ชุดคำสั่ง ได้แก่ การจับ การปล่อย การหมุนซ้าย การหมุนขวา การยกขึ้น และการวาง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับกิตติพงษ์ พุ่มโกชนา [10] ที่ได้ศึกษาและพัฒนาแขนกลอุตสาหกรรมแบบ จับ-วาง ชนิด 3 แกน โดยออกแบบให้แต่ละแกนป้อนกลับแรงดันเพื่อใช้ในการควบคุมตำแหน่งการ เคลื่อนที่ในแต่ละแกน เพื่อทดแทนการใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ที่มีราคาสูง ทำให้ต้นทุนการสร้างแขนจับวางสาม แกนถูกลง และยังทำงานได้ใกล้เคียงในลักษณะของการควบคุมตำแหน่ง โดยแต่ละแกนสามารถควบคุม การเคลื่อนที่ไม่ที่

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ผู้สอนหรือผู้ใช้งานควรจัดการเรียนการสอนการใช้งานด้านคอมพิวเตอร์และพื้นฐานความรู้ที่มีเกี่ยวกับระบบอัตโนมัติเพื่อง่ายต่อการเรียนรู้การใช้งานร่วมกับ PLC
2. ผู้สอนหรือผู้ใช้งานควรปรับเปลี่ยนในรูปแบบทดสอบภาคปฏิบัติ ให้ครอบคลุมกับ เนื้อหาที่หลากหลาย
3. ผู้สอนหรือผู้ใช้งานควรเพิ่มเนื้อหาเกี่ยวกับลำดับขั้นตอนการทำงานของวงจร เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการทำงานร่วมกับ PLC

เอกสารอ้างอิง

- [1] Sirris driving industry by technology. (2015). [ออนไลน์]. **Four trends in robotics.** [สืบค้นเมื่อ มกราคม 2562]. จาก <https://www.sirris.be/blog/four-trends-robotics>.
- [2] Timotei, Tamas, Zsolt. et al “**Industrial KUKA Robot Manipulator in Simulation Environment and Position Read-back.**” Conference Paper. June 2016.
- [3] Johannes B., Sigrid B-C. “**Adaptive Robot Control New Parametric Workflows Directly from Design to KUKA Robots.**” eCAADe 33, Fabrication - Robots - Volume 2, 2014, p.243-250.
- [4] For everything that moves in automation. (1996). [ออนไลน์]. **PC-based KUKA Motion Control.** [สืบค้นเมื่อ มกราคม 2562]. จาก www.kuka.com : KMC – KUKA pMotion Control.
- [5] Denavit–Hartenberg parameters. (1995). (ออนไลน์). **DH parameters used in robotics.** [สืบค้นเมื่อ มกราคม 2562]. จาก https://en.wikipedia.org/wiki/Denavit%E2%80%93Hartenberg_parameters.
- [6] Timo K, “**Controlling a Robotic Arm manipulator with a PLC.**” Degree program Bachelor in Mechanical Engineering and Production Technology, 2012

- [7] พันศักดิ์ เนระแก.(2558). การออกแบบหุ่นยนต์แบบหยิบและวางที่ใช้ระบบการมองเห็นของ **เครื่องจักร**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [8] ภูษิต บุญยทรัพย์. (2549). “การศึกษาการทำงานของตัวแขนกลโดยใช้เซอร์โวมอเตอร์”, การประชุมวิชาการระดับชาติพหุสภกรรมการวิจัย,ครั้งที่ 5, 15 มีนาคม พ.ศ.2562, หอประชุม ศรีวิชัยโชติ มหาวิทยาลัยราชภัฏพหุสภกรรมการ.
- [9] ชมทิพย์ พรพนมชัย และคณะ. (2550). การควบคุมการปฏิบัติการของแขนกลหุ่นยนต์ **คอมพิวเตอร์ผ่านระบบเครือข่าย**, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล.
- [10] กิตติพงษ์ พุ่มโกชนา.(2561). การศึกษาและพัฒนาแขนกลอุตสาหกรรมแบบจับ-วาง ชนิด 3 แกน ที่ควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ได้แบบป้อนกลับด้วยสัญญาณอนาล็อก ที่ควบคุมการทำงานด้วย พีแอลซี ที่ใช้ในงานการผลิตแบบอัตโนมัติ เพื่อตอบรับการเข้าสู่อุตสาหกรรม 4.0, สาขาวิชา วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.