การออกแบบเพื่อสร้างเครื่องช่วยพยุงสำหรับสวมใส่ขาโดยใช้ระบบไฮดรอลิกส์เป็นตัวต้นกำลัง
Design Buoyancy Helping Tool for Leg Wear with The Hydraulic System

วัชระ บุญสุภากุล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกลคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
b.watchara001@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบในการสร้างเครื่องช่วยพยุงสำหรับสวมใส่ขาโดยใช้ระบบไฮดรอลิกส์เป็นตัวต้นกำลัง ซึ่งระบบไฮดรอลิกส์สามารถส่งกำลังได้มาก โดยใช้อุปกรณ์ขนาดเล็ก สามารถควบคุมการทำงานได้ง่าย แต่ต่างจากระบบต้นกำลังชนิดอื่น เช่นระบบมอเตอร์ การนำระบบไฮดรอลิกส์มาทำการออกแบบเครื่องช่วยพยุงสำหรับสวมใส่ขา มีวัตถุประสงค์ในการนำระบบไฮดรอลิกส์มาประยุกต์ใช้งานในการช่วยเหลือมนุษย์ โดยงานวิจัยนี้ทำการออกแบบและทดลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ก่อนที่จะนำไปสู่การสร้างตัวเครื่องช่วยพยุง ตัวเครื่องช่วยพยุงใช้ไฮดรอลิกส์เป็นต้นกำลังขาทั้งสองข้างของมนุษย์ ช่วยเสริมแรงในส่วนของหัวเข่า โดยองศาของมุมหัวเข่า ถูกป้อนกลับด้วยเอ็นโคสเดอร์ในการควบคุมระยะของกระบอกไฮดรอลิกส์ จากผลการทดลองด้วยสมการและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่าการเคลื่อนที่ของตัวเครื่องพยุงในระนาบ x, y สามารถทำได้ ซึ่งมีความผิดพลาดของตำแหน่งไม่เกิน 0.7 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ส่วมใส่และฮาร์ดแวร์ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อตำแหน่งการเคลื่อนที่

คำสำคัญ : เครื่องช่วยพยุง ระบบไฮดรอลิกส์

Abstract

This research aims to design and build the supporting legs worn by hydraulics, is the power. The system's hydraulics can power up. By using small devices and easily control. But unlike the other type such as Electric motor system. Hydraulics system was designed and built to allow for wearing a leg brace. The purpose of the system's hydraulics applied to help human beings. This research design and experimental results with computer software to the creation of Buoyancy Helping Tool. The machine uses hydraulics to lift's legs are so human. Degree angle of knee Feedback by Encoder for Cylinder control of hydraulics. From the experimental results, design equations and computer programs. Found that the movement of the machine to lift the plane x, y can be done. This is a position of not more than 0.7Depending on the wearing and hardware, which are factors that affect the movement.

Keyword: buoyancy helping tool, hydraulic system.

1. บทนำ

ร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยอวัยวะหลายส่วน เช่นโครงกระดูกซึ่งคิดเป็น 20% ของร่างกายมนุษย์ กระดูกทำหน้าที่ค้ำจุนโครงสร้างร่างกาย เป็นที่ยึดเกาะกล้ามเนื้อและเส้นเอ็นต่างๆ โดยกล้ามเนื้อทำหน้าที่เคลื่อนไหวโครงกระดูกเพื่อการเคลื่อนที่ของร่างกาย กล้ามเนื้ออ่อนแรงเป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวร่างกายของมนุษย์โดยตรง เกิดจากการเสื่อมสภาพของเซลล์ประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้ออ่อนแรง เดินล้มบ่อย สะดุดบ่อย ลุกนั่งลำบาก ผู้ป่วยต้องทานยาตามแพทย์สั่งแล้ว และต้องออกกำลังกาย ทำกายภาพบำบัด อยู่สม่ำเสมอเพื่อป้องกันไม่ให้กล้ามเนื้อฝ่อลีบลง

การทำกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง ผู้ป่วยต้องทำการเคลื่อนไหวร่างกายเพื่อให้กล้ามเนื้อทำงาน และใช้เครื่องมือที่ช่วยในการทำกายภาพบำบัด เช่นเครื่องช่วยพยุง โดยเครื่องช่วยพยุงจะทำหน้าที่เสริมแรงให้กับผู้ป่วยทำให้ผู้ป่วยออกแรงน้อยลง และช่วยประคองผู้ป่วย โดยใช้ระบบต้นกำลังที่แต่ต่างกันออกไป เช่น ระบบมอเตอร์ไฟฟ้า ระบบนิวเมติกส์ เป็นต้น

การออกแบบเพื่อสร้างเครื่องช่วยพยุงสำหรับสวมใส่ขานั้น งานวิจัยนี้ได้นำระบบไฮดรอลิกส์มาทำการออกแบบและประยุกต์ใช้งาน ซึ่งระบบไฮดรอลิกส์ เป็นต้นกำลังที่สามารถส่งกำลังได้มาก ในขณะที่อุปกรณ์มีขนาดเล็กลง โดยการออกแบบใช้กระบอกสูบไฮดรอลิกส์เป็นตัวต้นกำลังของเครื่องช่วยพยุง งานวิจัยนี้ทำการออกแบบก่อนทำการสร้างเครื่องช่วยพยุงสำหรับส่วมใส่ขา ในด้านกลไกการเคลื่อนไหว โครงสร้างส่วนการเคลื่อนที่ และการควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบที่มีผลต่อการเคลื่อนไหวของขามนุษย์

2.วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบสร้างเครื่องช่วยพยุงสำหรับสวมใส่ขา

2.2 เพื่อออกแบบในการสร้างกลไกการเคลื่อนไหวเครื่องพยุงสำหรับสวมใส่ขา

2.3 เพื่อออกแบบระบบควบคุมไฮดรอลิกส์ด้วยไฟฟ้า

2.4 เพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบไฮดรอลิกส์สำหรับเครื่องช่วยพยุง

3. สมมติฐานของการวิจัย

3.1 ระบบไฮดรอลิกส์เป็นต้นกำลังที่มีกำลังการขับเคลื่อนสูงกว่าระบบอื่นเมื่อเทียบในสัดส่วนที่เท่ากัน

3.2 ระบบไฮดรอลิกส์เป็นต้นกำลังเครื่องพยุงสามารถรับน้ำหนักผู้สวมใส่ได้มากกว่า 80 กิโลกรัม

3.3 ระบบไฮดรอลิกส์สามารถควบคุมตำแหน่งได้แม่นยำกว่าระบบมอเตอร์

4. ขอบเขตของการวิจัย

4.1 โครงสร้างของเครื่องพยุงเป็นอลูมิเนียม

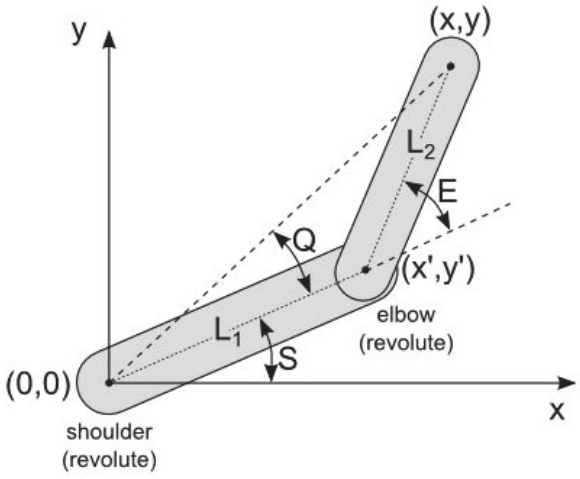
4.2 ใช้ระบบไฟฟ้าในการควบคุม

4.3 รับน้ำหนักคนได้มากกว่า 80 กิโลกรัม

4.4 ส่วมใส่กับคนที่ความสูงไม่เกิน 180 เซนติเมตร

5. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาทางทฤษฎีผู้วิจัยได้นำรูปแบบของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์อุตสาหรรม Kinematic of robot ซึ่งนำ Trigonometric function มาช่วยในการหามุมองศาของการเคลื่อนที่ เราสามารถใช้สมการ Forward Kinematic Equations และ Inverse Kinematic Equations ในการคิดคำนวนกลศาสตร์การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าหาตำแหน่ง[1] x, y ดังสมการที่ (1), (2) และการคำนวนกลศาสตร์ผกผัน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระบบการเคลื่อน 2 แกน

Forward Kinematic Equations

$$x = L_1 \cos(S) + L_2 \cos(S + E) \quad (1)$$

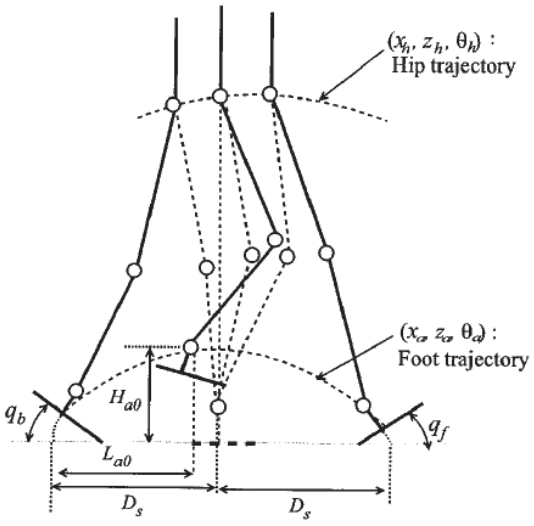
$$y = L_1 \sin(S) + L_2 \sin(S + E) \quad (2)$$

Inverse Kinematic Equations สามารถใช้หาองศา E ของ L_2 ได้ดังสมการ (3) เมื่อเราทราบความยาวของL_1, L_2 กับตำแหน่ง x, y และสามารถหาองศา S ของ L_1 ได้ดังสมการ (4)

$$E = cos^{-1}\left(\frac{x^2+y^2-L_1^2-L_2^2}{2L_1L_2}\right) \quad (3)$$

$$S = tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) - cos^{-1}\left(\frac{x^2+y^2+L_1^2-L_2^2}{2L_1\sqrt{x^2+y^2}}\right) \quad (4)$$

ในการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการเดินและพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของมนุษย์ เริ่มจากการก้าวท้าวที่ถนัดแล้วตามด้วยเท้าอีกข้างที่ไม่ถนัดทำต่อกันไปเรื่อยโดยมีลักษณะการก้าวยาวแตกต่างกันออกไปของแต่ละบุคคล โดยจะมีการยกเท้าสูงต่ำตามลักษณะของบุคคลและความสูง

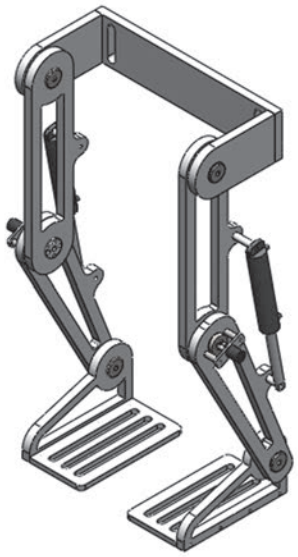


ภาพที่ 2 ลักษณะการยกเท้าของการเดิน

ดังภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่าการก้าวเดินของมนุษย์จะมีการยกเท้าข้างที่ถนัดแล้วก้าวไปด้านหน้าในทิศทางที่ต้องการ โดยเมื่อดูจากภาพที่ 3 และจะเห็นว่าเท้าที่ถูกยกและเคลื่อนที่นั้นมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง เท้าที่เริ่มก้าว ซึ่งจะมีระยะทางในการก้าวคือ D_s มีความสูงในการยกเท้าคือ H_a โดยเมื่อเริ่มก้าวเท้าจะเกิดมุม q_bและเมื่อก้าวเท้าไปยังจุดหมายจะเกิดมุม q_f [2]

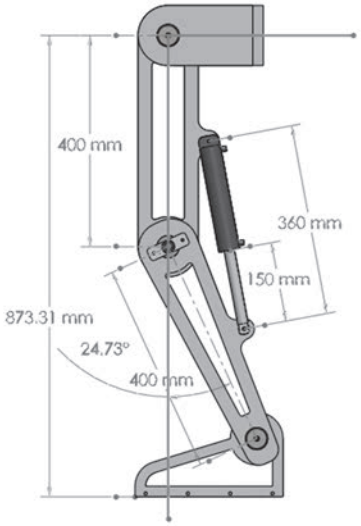
6.การดำเนินการวิจัย

แนวคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องช่วยพยุงสำหรับสวมใส่ขาโดยใช้ระบบไฮดรอลิกส์เป็นตัวต้นกำลัง ผู้วิจัยนำเสนอที่จะใช้ระบบไฮดรอลิกส์เป็นต้นกำลังแทนระบบ ต้นกำลังด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎีและทำการออกแบบและสร้างตัวโครงสร้างของเครื่องช่วยพยุง โดยนำวิธีการหา Forward Kinematic Equations และ Inverse Kinematic Equations ในการคิดคำนวนกลศาสตร์การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าหาตำแหน่ง x, y ของขาทั้งสองข้างให้เข้ากับลักษณะการเดินของมนุษย์ ดังภาพที่ 3



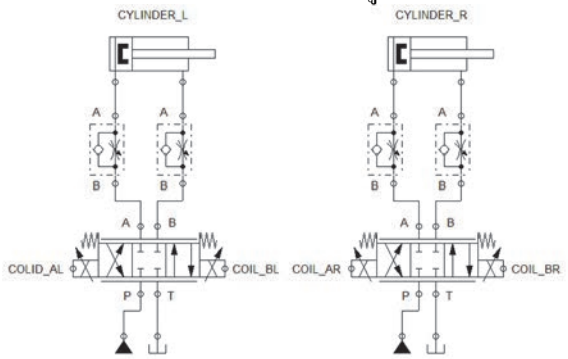
ภาพที่ 3 เครื่องช่วยพยุงที่ผู้วิจัยทำการออกแบบ

ในการวิจัยนี้ใช้ Software Solid work ในการออกแบบและจำลองผลการทำงาน ก่อนทำการสร้างเครื่องช่วยพยุง เพื่อลดการผิดพลาดของการออกแบบ ตัวเครื่องช่วยพยุงสำหรับส่วมใสขานั้นใช้ไฮดรอลิกส์เป็นต้นกำลังแทนช่วงหัวเข่าของมนุษย์ โดยทำการออกแบบและติดตั้งกระบอกไฮดรอลิกส์เข้าไปเสริมแรง แล้วทำการป้อนกลับองศาโดยใช้ Encoder เพื่อควบคุมระยะของกระบอกไฮดรอลิกส์



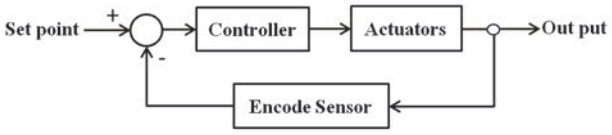
ภาพที่ 4 ขนาดของเครื่องพยุง

เครื่องช่วยพยุงที่ทำการออกแบบใช้กระบอกไฮดรอลิกส์ มีความยาวทั้งหมดขนาด 360 mm มีระยะชักขนาด 150 mm โดยมีความสูงจากช่วงเอวถึงพื้น 873.31 mm ดังภาพที่ 4 เมื่อที่ระยะชัก 150 cm โดยมีองศาหัวของหัวเข่าอยู่ที่ 24.73 องศา



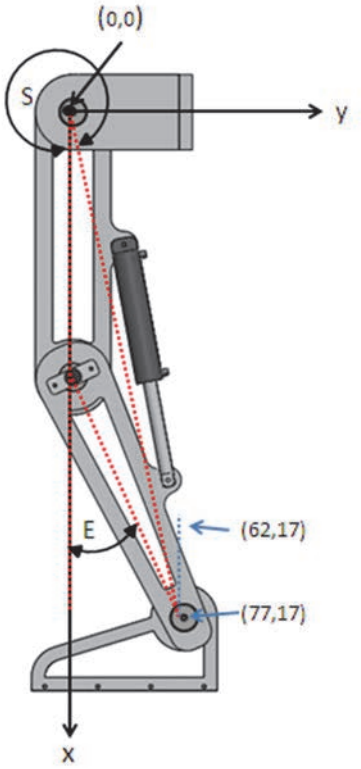
ภาพที่ 5 วงจรไฮดรอลิกส์ขาซ้ายและขวา

การควบคุมกระบอกไฮดรอลิกส์นั้นใช้วาล์วควบคุมทิศทาง 4/2 และใช้วาล์วควบคุมความเร็วการไหลของน้ำมันดังภาพที่ 5 โดยตำแหน่งการควบคุมกระบอกไฮดรอลิกส์นั้นใช้ Encoder ในการป้อนกลับองศาของขาทั้งสองข้าง ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 บล็อกไดอะแกรมการควบคุม

การทำงานของเครื่องช่วยพยุงในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการสั่งให้แกนที่ทำหน้าที่เสริมแรงหัวเข่าทำการขึ้นลงโดยจะทำการกำหนดจุดการเคลื่อนที่เป็นครึ่งวงกลม



ภาพที่ 7 ลักษณะการเคลื่อนที่ของขา

วิธีการควบคุมเครื่องช่วยพยุงผู้วิจัยกำหนดให้การเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงในแนวแกน x โดยเมื่อกระบอกไฮดรอลิกส์ยืดสุดและขาในช่วงเอวอยู่ในลักษณะท่ายืนจะมีตำแหน่งเริ่มต้นอยู่ที่ (77,17) โดยกำหนดแนวเคลื่อนที่ไปยังจุด (62,17) ดังภาพที่ 7 โดยใช้สมการที่ (3), (4) ในการหาองศาการเข้าตำแหน่งของขาเครื่องช่วยพยุง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตำแหน่งและองศาของเครื่องพยุง

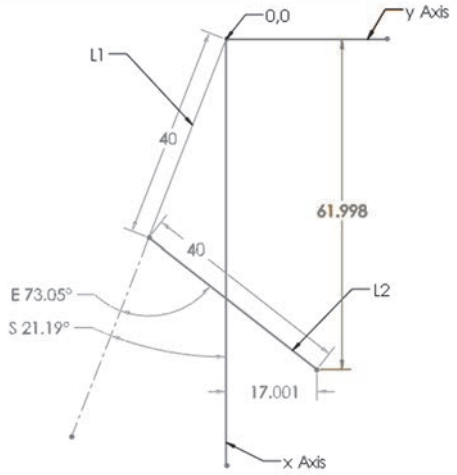
ตำแหน่ง x, y	องศามุม S, E	ตำแหน่ง x, y	องศามุม S, E
77, 17	2.74, 19.42	69, 17	-13.40, 54.68
76, 17	-2.06, 26.45	68, 17	-14.77, 57.63
75, 17	-3.20, 31.99	67, 17	-15.95, 60.45
74, 17	-5.81, 36.72	66, 17	-17.13, 63.16
73, 17	-7.05, 40.92	65, 17	-19.46, 65.75
72, 17	-9.08, 44.74	64, 17	-19.25, 68.26
71, 17	-10.75, 48.27	63, 17	-20.24,70.69
70, 17	-12.11, 51.57	62, 17	-21.19, 73.05

7. ผลการดำเนินงาน

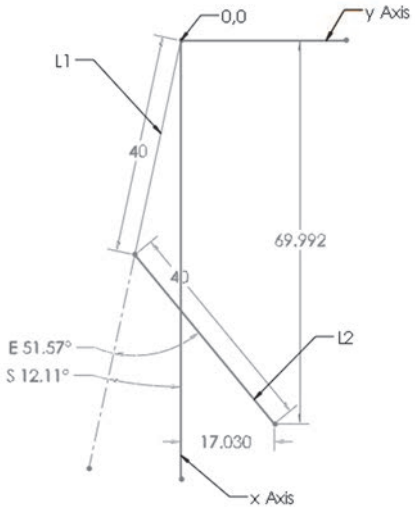
เมื่อได้กำหนดการเคลื่อนที่ระนาบ x , y แล้วผู้วิจัยได้ดำเนินการพิสูจน์ความเที่ยงตรงด้วยสมการที่ (1) และสมการที่ (2) โดยทำการเปรียบเทียบจุดระนาบ (62, 17) และ (70, 17) และการตรวจสอบผลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังตารางที่ 2 ภาพที่ 8 และภาพที่ 9

ตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบตำแหน่งจากสมการ

ตำแหน่ง x, y	องศามุม S, E	ผลจากสมการที่ (1) และ (2) x, y
62, 17	-21.19, 73.05	61.99, 17.00
70, 17	-12.11, 51.57	69.99, 17.03



ภาพที่ 8 ผลการตรวจสอบตำแหน่งจากโปรแกรม (62, 17)



ภาพที่ 9 ผลการตรวจสอบตำแหน่งจากโปรแกรม (70, 17)

8. อภิปรายผล

จากตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบตำแหน่งจากสมการที่ (1) และสมการที่ (2) ตำแหน่ง (62, 17) จากการคำนวนได้ค่า (61.99, 17.00) คลาดเคลื่อนแกน x = 0.1 คลาดเคลื่อนแกน y = 0.1, ตำแหน่ง (70, 17) จากการคำนวนได้ค่า (69.99, 17.03) คลาดเคลื่อนแกน x = 0.1 คลาดเคลื่อนแกน y = 0.7 และผลจากการตรวจสอบตำแหน่งจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ตำแหน่ง (62, 17) ตำแหน่งจากโปรแกรมได้ (61.998, 17.001) คลาดเคลื่อนแกน x = 0.02 คลาดเคลื่อนแกน y = 0.01 ตำแหน่ง (70, 17) ตำแหน่งจากโปรแกรมได้ (69.992, 17.030) คลาดเคลื่อนแกน x = 0.1 คลาดเคลื่อนแกน y = 0.3

9. สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์หาตำแหน่งในการเคลื่อนที่ของขาเครื่องช่วยพยุง ในการกำหนดรูปแบบของการเคลื่อนที่ในระนาบแกน (x, y) พบว่ามีการคลาดเคลื่อนของตำแหน่งไม่เกิน 0.7 จากการตรวจสอบด้วยสมการและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยการเข้าตำแหน่ง (62, 17) ค่าจากการคำนวนได้ (61.99, 17.00) ค่าจากการตรวจสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอรได้ (61.998, 17.001) และการเข้าตำแหน่ง (70, 17) ค่าจากการคำนวนได้ (69.99, 17.03) ค่าจากการตรวจสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอรได้ (69.992, 17.030) ทำให้เป็นไปได้ที่จะดำเนินการสร้างเครื่องช่วยพยุงที่ใช้ระบบไฮดรอลิกส์เป็นต้นกำลังเป็นลำดับต่อไป

10. ข้อเสนอแนะ

10.1 ตำแหน่งและความแม่นยำของเครื่องพยุงยังมีปัจจัยภายนอกที่อาจส่งผลต่อตำแหน่ง เช่น ความละเอียดของ Encoder Sensor ระบบไฮดรอลิกส์ และกลไกทางกลของตัวเครื่อง

10.2 จากการออกแบบเครื่องพยุงใช้ระบบไฮดรอลิกส์ในการเสริมแรงให้กับหัวเข่าเพียงตำแหน่งเดียว ตำแหน่งการเคลื่อนที่จะแม่นยำและอัตโนมัติมากขึ้นหากใช้กระบอกสูบในการเสริมแรงที่ต้นขาด้านบนและข้อเท้า

11. เอกสารอ้างอิง

[1] Junyi Liu 1, Fang Jian2 , Junling Liu3, “ Four degrees of freedom SCARA Robot Modeling and Simulation” International Symposium on Computer, Consumer and Control, 2014.

[2] Qiang Huang, Member, IEEE, Kazuhito Yokoi, Member, IEEE, Shuuji Kajita, Member, IEEE, Planning Walking Patterns for a Biped Robot” ieee Transactions on robotics and automation, Vol.17, No.3, June 2001.