

การออกแบบและสร้างรถเข็นส่งอาหารผู้ป่วยในโรงพยาบาลขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงใช้ในโรงพยาบาลเสริมงามจังหวัดลำปาง

A Design and Construction of Patient Food Trolley for using in the Hospital Driven by DC Motor in the Sermngam Lampang Hospital

ชัยยันต์ ไชบุญมา^{1*}

Chaiyun Jaiboonma^{1*}

^{1*}สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ หันตรา 60 หมู่ 3 ตำบล หันตรา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000 โทรศัพท์ 0 3570 9101 โทรสาร 0 3570 9105 E-mail: Chaiyun_engineer@hotmail.co.th, E-mail: Chaiyun.J@RMUTSB.ac.th

^{1*}Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering and architecture Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi Huntra 60 Moo 3 Asian Highway, Phranakhon Si Ayutthaya 13000 Tel. +66 3570 9103 Fax. +66 3570 9105

วันที่รับบทความ 2 พฤษภาคม 2562
Received: May. 2, 2019

วันที่รับแก้ไขบทความ 26 สิงหาคม 2562
Revised: Aug. 26, 2019

วันที่ตอบรับบทความ 17 ธันวาคม 2562
Accepted: Dec. 17, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างรถเข็นส่งอาหารผู้ป่วยในโรงพยาบาลขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง การออกแบบสร้างรถเข็นมีขนาดความกว้าง 0.8 เมตร ยาวและสูง 1.2 เมตร สามารถใส่ถาดอาหารได้จำนวน 32 ถาด น้ำหนักรวมไม่เกิน 200 กิโลกรัม โครงสร้างและตัวรถเข็นทำด้วยวัสดุสแตนเลส ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดกำลังงาน 500 วัตต์ 24 โวลต์ การส่งถ่ายกำลังด้วยสายพานไทม์มิ่ง ดำเนินการสร้างและทดสอบทางราบและทางชัน 15 องศา ตามมาตรฐานทางลาดชัน ผลการทดสอบรถเข็นส่งอาหารในโรงพยาบาลขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสามารถขับเคลื่อนทางราบและขึ้นทางชันไม่น้อยกว่า 15 องศา ตามเส้นทางการขนส่งอาหารผู้ป่วยในโรงพยาบาลที่อัตราเร็วสูงสุด 2.88 กิโลเมตรต่อชั่วโมงได้เป็นอย่างดี ระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่กรณีใช้งานต่อเนื่องเฉลี่ยเท่ากับ 2 ชั่วโมง และกรณีใช้งานขนส่งอาหารตามเส้นทางการขนส่งอาหารในโรงพยาบาลเสริมงาม อำเภอเสริมงาม จังหวัดลำปาง ระยะทาง 660 เมตรต่อวันสามารถใช้งานได้ 5 วันต่อการชาร์จ 1 ครั้ง กรณีแบตเตอรี่ใหม่ อายุการใช้งานโดยรวมของแบตเตอรี่โดยเฉลี่ยที่ยังคงมีประสิทธิภาพการใช้งานได้ดีอยู่ในช่วง 8 - 10 เดือน

คำสำคัญ: รถเข็น, รถเข็นส่งอาหารผู้ป่วย, โรงพยาบาล, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, แบตเตอรี่

Abstract

The aim of this research was to design and construct a hospital patient food trolley driven by DC motor. The study was carried out at Sermngam Hospital, Lampang. The design dimensions of the trolley had a width of 0.8 meters, a length and height of 1.2 meters, and could accommodate 32 trays of food with a total

weight of not more than 200 kilograms. The structure and body of the trolley were made of stainless steel. Power was transmitted using a DC Motor via conveyor belts with a power rating of 500 watts, 24 volts. Having performed standard test drives on a horizontal level and a slope of 15 degrees, results showed that the trolley could drive on slopes not more than 15 degrees at a maximum speed of 2.88 kilometers per hour. The duration of battery usage in the case of continuous use was 2 hours. In the case of food transportation along the Sermngam Lampang hospital route, the trolley covered a distance of 660 meters per day. The battery can be used for 5 days per single charge and has an average lifetime of 8-10 months.

Keywords: trolley, patient food trolley, hospital, DC motor, battery

1. บทนำ

เนื่องด้วยโรงพยาบาลชุมชนขนาดเล็ก ส่วนใหญ่ยังขาดแคลนเครื่องมือและอุปกรณ์การให้บริการผู้ป่วยเป็นจำนวนมาก ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่โรงพยาบาลเสริมงาม อำเภอสว่างงาม จังหวัดลำปาง เป็นโรงพยาบาลประจำอำเภอขนาดเล็ก มีจำนวนเตียงผู้ป่วยในรวมทั้งหมด 30 เตียง และได้ทราบข้อมูลว่าโรงพยาบาลได้รับการจัดสรรและสนับสนุนงบประมาณอย่างจำกัด ไม่เพียงพอที่จะจัดซื้ออุปกรณ์ด้านการให้บริการได้ตามแผนงบประมาณประจำปี ทำให้โรงพยาบาลยังขาดแคลนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการให้บริการแก่ผู้ป่วยเป็นจำนวนมาก เช่น รถเข็นอาหารผู้ป่วย รถเข็นผ้าสะอาด รถเข็นผ้าสกกปรก เป็นต้น อุปกรณ์ที่มีอยู่ปัจจุบันส่วนใหญ่มีอายุการใช้งานที่นานขึ้นส่วน เช่น ล้อ และโครงสร้างก็ผุพังตามการใช้งาน ส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้งานของรถเข็นลดลงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งทำให้เกิดการขนส่งล่าช้า ประกอบกับการเข็นขึ้นทางชันต้องใช้พนักงานเข็นจำนวนไม่น้อยกว่า 2 คน จึงจะเข็นขึ้นทางชันได้ ทั้งนี้ทางโรงพยาบาลมีความต้องการรถเข็นอาหารผู้ป่วยที่สามารถช่วยผ่อนแรงในการเข็นให้แก่พนักงานเข็นได้ เพื่อนำมาทดแทนรถเข็นอาหารที่มีอยู่เดิมที่ขับเคลื่อนด้วยแรงเข็น เนื่องจากเส้นทางการขนส่งอาหารในโรงพยาบาล ประกอบไปด้วยเส้นทางราบและเส้นทางชัน ทำให้การเข็นรถเข็นอาหารที่มีน้ำหนักมากนั้นเป็นไปอย่างลำบาก รวมไปถึงในปัจจุบันรถเข็นอาหารผู้ป่วยในโรงพยาบาลที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีจำหน่ายในท้องตลาดก็มีราคาที่สูง

รูปแบบของรถเข็นอาหารผู้ป่วยในโรงพยาบาลจะประกอบไปด้วย 1) รถเข็นอาหารแบบเดินตามประเภชขับเคลื่อนด้วยแรงเข็น 2) รถเข็นอาหารแบบเดินตามประเภชขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 3) และรถเข็นอาหารแบบนั่งขับประเภชขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ในงานวิจัยนี้จะศึกษา รถเข็นอาหารแบบเดินตามประเภชขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อให้สอดคล้องกับพื้นที่ ที่นำไปใช้งาน การวิจัยและพัฒนา รถเข็นอาหารผู้ป่วยสำหรับใช้ในโรงพยาบาล น้ำหนักบรรทุกรวมกับน้ำหนักตัวรถประมาณ 220 กิโลกรัม ทดสอบใช้งานจริง ณ โรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราช สามารถขับเคลื่อนทางราบและทางชัน 15 องศาได้ดี (Pluemsong, S., et al., 2016) และการออกแบบรถเข็นอาหารที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพ สำหรับใช้ในโรงพยาบาล เพื่อตอบสนองอุตสาหกรรมการดูแลสุขภาพในประเทศไทย (Anuraj, N. P., Srinivasa and Ravichandran., 2013) หลักการ

ออกแบบรถเข็นที่ใช้ในโรงพยาบาล รวมไปถึงการเลือกใช้วัสดุชิ้นส่วนในการสร้างให้เหมาะสมกับการใช้งาน (Standard Steel Dressing trolley.,2014) และระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าของรถสก็ูตเตอร์เนกประสงค์สำหรับผู้ป่วย และผู้สูงอายุ น้ำหนักผู้ใช้ไม่เกิน 100 กิโลกรัม น้ำหนักรวมตัวรถแล้วประมาณ 200 กิโลกรัม ค่าอัตราเร็วสูงสุด 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบตเตอรี่ใช้งานต่อเนื่องได้ 1 ชั่วโมงต่อการชาร์จ 1 ครั้ง (Wongsuwarn, H., 2011) รวมถึงการสร้างรถเข็นของในห้างสรรพสินค้าระบบอัตโนมัติควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Nayak, N., et al., 2016) จากข้อมูลในการลงพื้นที่ ได้ทราบปัญหาดังที่กล่าวมาแล้วนั้น ผู้วิจัยมีความประสงค์ที่จะออกแบบและสร้างรถเข็นอาหารผู้ป่วยแบบเดินตามประเภชขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า ที่มีต้นทุนไม่สูงมาก และมีฟังก์ชันการทำงานเทียบเท่ากับที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน เพื่อทดแทนรถเข็นที่มีอยู่เดิมแบบใช้แรงในการเข็น และสามารถช่วยผ่อนแรงให้กับพนักงานเข็นได้ (Kart T. Ulrich., 2006) รวมไปถึงเพิ่มประสิทธิภาพงานด้านการ (H. J. Hartwell., et al., 2006) ให้บริการแก่โรงพยาบาลเสริมงาม จังหวัดลำปางต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 ออกแบบและสร้างรถเข็นส่งอาหารผู้ป่วยในโรงพยาบาลแบบเดินตามขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง กรณีนำไปใช้งานในโรงพยาบาลเสริมงาม อำเภอสริมงาม จังหวัดลำปาง

2.2 ทดสอบและประเมินอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าในการขับเคลื่อนตามเส้นทางการขนส่งอาหารผู้ป่วยในโรงพยาบาล

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เงื่อนไขและรูปแบบในการออกแบบและสร้าง

จากข้อมูลการลงพื้นที่สำรวจโรงพยาบาลเสริมงาม อำเภอสริมงาม จังหวัดลำปาง ได้ข้อมูลประกอบในการออกแบบรถเข็นอาหารผู้ป่วย ดังนี้ โรงพยาบาลเป็นโรงพยาบาลประจำอำเภอ โดยมีจำนวนเตียงผู้ป่วยในรวมทั้งหมด 30 เตียง ฉะนั้นการออกแบบรถเข็นอาหารต้องสามารถบรรจุถาดอาหารได้ 30 ถาด หรือมากกว่า และเส้นทางในการขนส่งอาหารผู้ป่วย ประกอบไปด้วยเส้นทางราบและเส้นทางชัน รวมระยะทาง ไป - กลับ 220 เมตร โดยประมาณต่อ 1 รอบการขนส่ง หรือทางชันมีความชันไม่เกิน 15 องศา ซึ่งเป็นทางชันที่มีความลาดชันสูงสุดของโรงพยาบาล และกำหนดรูปแบบการสร้างดังรูปภาพที่ 1(ก) และที่สร้างขึ้นดังภาพที่ 1(ข)



(ก) แบบรถเข็น



(ข) รถเข็นอาหารที่สร้างขึ้น

ภาพที่ 1 รถเข็นอาหารที่สร้างขึ้นในการทดสอบ

หมายเหตุ: (ก) 1) ประตูชนิดบานเลื่อน มีที่ล็อคบานประตู 2) ชุดกันชนรอบคันของรถเข็น 3) ชุดแผงควบคุมระบบไฟฟ้า 4) มือหมุนปรับอัตราเร่ง 5) ห้องแบตเตอรี่ 6) ชุดล้อด้านหลังหมุนรอบตัวเองได้สำหรับหมุนบังคับเลี้ยว 7) ชุดล้อด้านหน้าเป็นล้อตายยึดติดกับเพลาลังจะหมุนไปพร้อมกันกับชุดเพลาลังกำลัง 8) ชุดชั้นวางสำหรับใส่ถาดอาหาร

ขนาดความกว้าง 80 เซนติเมตร ความยาวและความสูง 120 เซนติเมตร วัสดุเลือกใช้เป็นสแตนเลส เกรด 304 ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยในการป้องกันการเกิดสนิมและทนต่อการกัดกร่อนจากสิ่งต่าง ๆ ได้ดี เนื่องจากรถเข็นเป็นอุปกรณ์บรรทุกขนส่งอาหาร (Designing Tolley., 2019) ภายในตัวรถแบ่งเป็น 2 ช่องแนวราบ ช่องด้านบนเป็นชั้นวางสำหรับใส่ถาดสแตนเลสบรรจุอาหาร ซึ่งสามารถบรรจุได้ 32 ถาด ช่องด้านล่างเป็นพื้นที่โล่งไว้สำหรับวางภาชนะหม้อบรรจุอาหาร รวมไปถึงสำหรับใช้วางเก็บถาดบรรจุอาหารที่ผู้ป่วยรับประทานอาหารแล้วเสร็จได้ ถาดสแตนเลสบรรจุอาหาร 32 ถาด มีน้ำหนัก 32 กิโลกรัมโดยประมาณ โดยทำการออกแบบเพื่อนำหนักภาชนะโภชนาการอื่น ๆ แล้ว ให้สามารถบรรทุกภาระรวมได้ทั้งหมดไม่เกิน 100 กิโลกรัม ทั้งนี้ น้ำหนักบรรทุกรวมตัวรถแล้วได้ไม่น้อยกว่า 200 กิโลกรัม

3.2 การคำนวณแรงต้านการขับเคลื่อน

การหาขนาดกำลังงานมอเตอร์โดยมีข้อมูลประกอบในการหาดังนี้ 1) น้ำหนักรถเข็นรวมภาระบรรทุกไม่เกิน 200 กิโลกรัม 2) ทางชันคิดมุมเอียงสูงสุดของโรงพยาบาลเสริมงามไม่น้อยกว่า 15 องศา 3) ความเร็วในการขับเคลื่อนไม่เกิน 0.8 เมตรต่อวินาที เป็นความเร็วเฉลี่ยในการเดินของพนักงานเข็นรถเข็นอาหารในโรงพยาบาล คำนวณหาแรงต้านรวมทั้งหมดของรถเข็น (R_t) (Suwanprateeb, T. 2016, p. 54) ได้จากสมการที่ (1) ในงานวิจัยนี้ไม่นำแรงต้านอากาศมาคิดเนื่องจากอัตราเร็วของรถเข็นอาหารน้อยกว่า 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง กำหนดให้แรงต้านอากาศเท่ากับศูนย์ ($R_a = 0$) ดังนั้นจะได้แรงต้านรวมเท่ากับสมการที่ (2) โดยแรงต้านการหมุนของล้อ (R_r) และแรงต้านทางชัน (R_g) สามารถคำนวณได้ด้วยสมการที่ (3) และ (4) ตามลำดับ จากนั้นนำแรงต้านรวม ($R_t = F$) ที่ได้ มาคำนวณหาแรงบิด (T) ในการขับเคลื่อนด้วยสมการที่ (5) เมื่อ r คือ รัศมีของล้อเท่ากับ 0.1 เมตร โดยใช้ล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร ได้ผลการคำนวณแรงต้านและแรงบิดแสดงไว้ในตารางที่ 1

$$R_t = R_r + R_g + R_a \quad (1)$$

$$R_t = R_r + R_g \quad (2)$$

$$R_r = K_r \cdot W \quad (3)$$

$$R_g = W \cdot \sin \theta \quad (4)$$

$$T = F \cdot r \quad (5)$$

เมื่อ K_r คือสัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ กำหนดให้สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อชนิดและสภาพของถนนลาดยางและคอนกรีตสภาพพอใช้ค่าเฉลี่ย $K_r = 0.018$ (Suwanprateeb, T. 2016, p. 20), W คือน้ำหนักของรถมีหน่วยเป็นนิวตัน, มุม θ ทางชันใช้ค่ามุมเอียงสูงสุดของโรงพยาบาลเท่ากับ 15 องศา

3.3 การคำนวณต้นกำลังในการขับเคลื่อน

เมื่อคำนวณหาแรงต้านในการขับเคลื่อนได้แล้วเปลี่ยนแรงต้านเป็นแรงบิดด้วยสมการที่ (5) จากนั้นคำนวณหาต้นกำลังในการขับเคลื่อนของรถเช่นได้ด้วยสมการที่ (6) และ (7) (Suwanprateeb, T. 2016, p. 58) ได้ผลการคำนวณกำลังงานมอเตอร์โดยคิดแรงต้านทางชันสูงสุดของโรงพยาบาลเสริมงามไม่เกิน 15 องศา เท่ากับ 434.48 วัตต์ แสดงไว้ในตารางที่ 1 จากนั้นเลือกขนาดมาตรฐานกำลังงานมอเตอร์ เช่นขนาดที่มีจำหน่าย 250 วัตต์ 350 วัตต์ 500 วัตต์ และ 750 วัตต์ เป็นต้น ในงานวิจัยนี้เลือกใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาดกำลังงานเท่ากับ 500 วัตต์ โดยการเผื่อค่าการออกแบบภาระเกิน 1.15 เท่า ของค่าที่คำนวณได้เพื่อให้ได้ค่าพิกัดของมอเตอร์

$$P = F \cdot v \quad (6)$$

$$P = T \cdot v / r \quad (7)$$

เมื่อ P คือกำลังงานของมอเตอร์, $F = R_t$ คือแรงต้านรวม, v คือความเร็วที่ใช้ห้ามเกิน 0.8 เมตรต่อวินาที เป็นความเร็วเฉลี่ยของการเดินของพนักงานเซ็น

3.4 อุปกรณ์ไฟฟ้าและวงจรการควบคุม

1) อุปกรณ์ไฟฟ้า

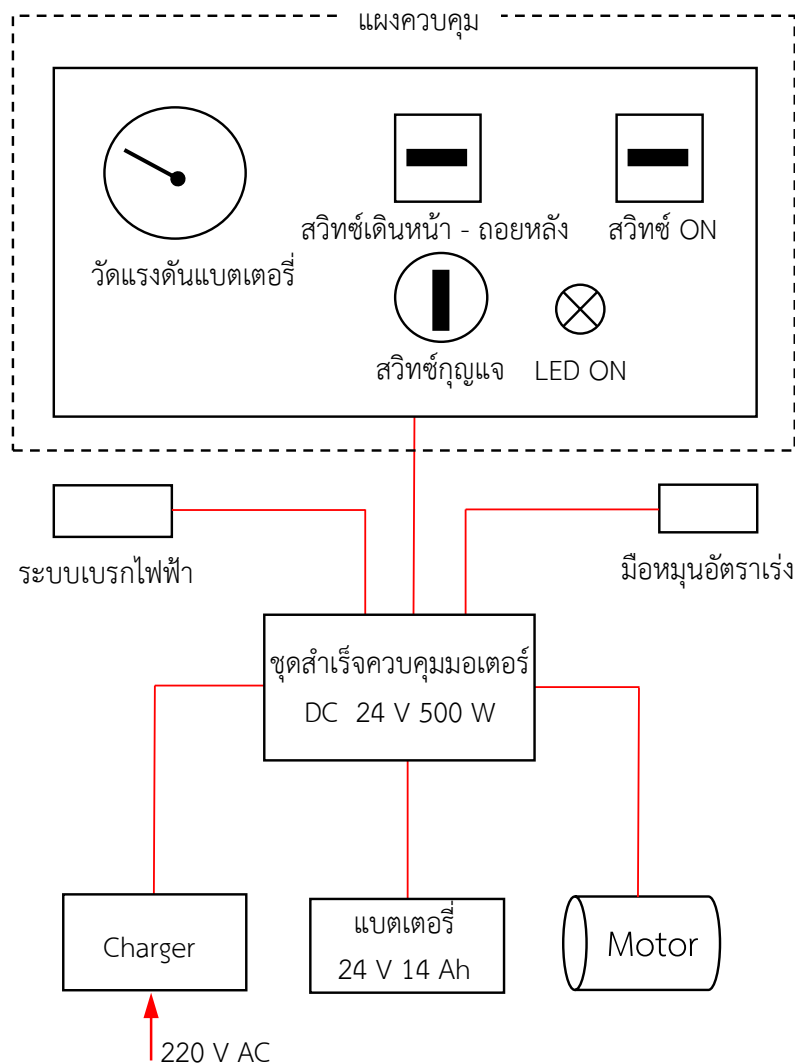
การเลือกใช้อุปกรณ์ส่งกำลังและอุปกรณ์ควบคุม อุปกรณ์ควบคุมหลักของรถเข็นอาหารผู้ป่วยแสดงดังรายการต่อไปนี้ 1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดกำลังงาน 500 วัตต์ 24 โวลต์ ความเร็วรอบสูงสุด 2500 ต่อนาที แรงบิดมอเตอร์ 1.9 นิวตันเมตร ติดชุดเกียร์ทดขนาด 1:6 ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที จำนวน 1 ชุด 2) ชุดส่งกำลังเลือกใช้ชุดส่งกำลังด้วยสายพานไทม์มิ่ง เนื่องจากการส่งถ่ายกำลังมีความยืดหยุ่นกว่าแบบเฟืองโซ่ อัตราทดพลูเลย์ 1:2 จำนวน 1 ชุด 3) ชุดสำเร็จควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 500 วัตต์ 24 โวลต์จำนวน 1 ชุด 4) การปรับเพิ่มอัตราเร่งเลือกใช้ชนิดแบบมือหมุนเร่งสำหรับการปรับเพิ่มอัตราเร่งจำนวน 1 ชุด 5) ระบบเบรกเลือกใช้เป็นระบบเบรกไฟฟ้าจำนวน 1 ชุด 6) มาตรฐานแสดงสถานะแรงดันของแบตเตอรี่จำนวน 1 ชุด 7) อุปกรณ์ในการชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 24 โวลต์ 20 แอมแปร์จำนวน 1 ชุด 8) แบตเตอรี่เลือกใช้ แบตเตอรี่ชนิดแห้ง ขนาด 12 โวลต์ 14 แอมแปร์ จำนวน 2 ก้อน และใช้รูปแบบการต่อวงจรเป็นการต่อวงจรอนุกรมของแบตเตอรี่เพื่อให้ได้แรงดันเท่ากับ 24 โวลต์ รายการอุปกรณ์แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 อุปกรณ์ส่งกำลังและอุปกรณ์ควบคุม

2) วงจรการควบคุม

การออกแบบวงจรไฟฟ้าควบคุมรถเข็นอาหารผู้ป่วยโดยมีหลักการทำงานของวงจร ดังนี้ จากภาพที่ 3 เริ่มจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ ไปยังชุดกล่องควบคุมมอเตอร์ ซึ่งชุดกล่องควบคุมนี้จะทำหน้าที่ปรับลดแรงดันไฟฟ้า 0 - 24 โวลต์ จากแบตเตอรี่ โดยมีสวิทช์ปรับควบคุมแบบมือหมุนแรง ก่อนที่จะจ่ายให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ทำให้สามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ เนื่องจากความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะแปรผันตามแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ จึงส่งผลให้การขับเคลื่อนของรถเข็นช้า หรือเร็วตามความต้องการของผู้ควบคุมหรือพนักงานเข็นได้ การหยุดรถจะเป็นการหยุดการทำงานของมอเตอร์ด้วยสวิทช์มือเบรก ชุดกล่องควบคุมมอเตอร์ ถูกออกแบบให้มีสวิทช์เดินหน้า - ถอยหลัง เพื่อให้ทำหน้าที่สลับขั้วไฟฟ้า บวก - ลบ ก่อนจ่ายไปยังมอเตอร์ไฟฟ้า และส่งผลทำให้มอเตอร์ไฟฟ้าเปลี่ยนทิศทางการหมุน ทำให้รถเข็นสามารถเดินหน้า และถอยหลังได้ แผงควบคุมมีสวิทช์ เปิด - ปิดหลัก (On - Off) มีสวิทช์กุญแจ เปิด - ปิด พร้อมหลอดไฟ LED แจ้งเตือน มีสวิทช์เดินหน้า - ถอยหลัง และมีมาตรวัดเป็นหลอดไฟ LED แจ้งเตือนสถานะแรงดันของแบตเตอรี่ ระบบการชาร์จแบตเตอรี่สามารถชาร์จโดยการนำปลั๊กจากตัวรถเข็น มาต่อเสียบกับเต้ารับไฟฟ้า AC 220 โวลต์ได้



ภาพที่ 3 แผนภาพวงจรควบคุมมอเตอร์

4. ผลการสร้างและการทดสอบ

4.1 รูปแบบการสร้างและการทดสอบ

การคำนวณหาขนาดมอเตอร์ในสมการที่ (1) ถึง (7) ได้แสดงผลการคำนวณดังตารางที่ 1 รวมถึงการออกแบบเพื่อสร้างรถเข็นสามารถสรุปการเลือกใช้อุปกรณ์ดังนี้ การเลือกใช้ขนาดมอเตอร์ อุปกรณ์ส่งกำลัง และอุปกรณ์ควบคุม สำหรับการสร้างรถเข็นส่งอาหารผู้ป่วยในโรงพยาบาลขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้แสดงไว้ดังตารางที่ 2 ได้รูปแบบของตัวรถ และเส้นทางขนส่งอาหารผู้ป่วยในการทดสอบ โดยเส้นทางในการทดสอบประกอบไปด้วยทางราบดังภาพที่ 4 (ก) และทางขึ้นดังภาพที่ 4 (ข) ซึ่งเป็นเส้นทางในการขนส่งอาหารผู้ป่วยในโรงพยาบาลเสริมงามเป็นระยะทางการขนส่ง ไป - กลับ 220 เมตรต่อรอบโดยประมาณ

ตารางที่ 1 ตารางรายการคำนวณหาค่าพลังงานของมอเตอร์

ตัวแปร	ขับเคลื่อนทางราบ	หน่วย	ขับเคลื่อนทางขึ้น 15 องศา	หน่วย
m	200	kg	200	kg
W	1962	N	1962	N
Rg	-	-	507.80	N
Rr	35.31	N	35.31	N
Rt	35.31	N	543.11	N
T	3.53	N.m	54.31	N.m
P	28.24	W	434.48	W

ตารางที่ 2 สรุปรูปแบบและขนาดของอุปกรณ์ในการสร้าง

รายการ	ข้อมูลเฉพาะด้านเทคนิค
1) ขนาดของรถเข็น	กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ $0.9 \times 1.2 \times 1.2$ เมตร
2) ความสามารถในการบรรทุกภาระ	ส่วนบนเป็นช่องใส่ถาดอาหารสแตนเลส สามารถใส่ถาดอาหารได้จำนวน 32 ถาด และส่วนล่างมีขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ $0.9 \times 1.2 \times 0.6$ เมตร สามารถใส่บรรจุทุกสัณฐานอื่นได้ น้ำหนักบรรทุกได้ไม่เกิน 100 กิโลกรัม รวมน้ำหนักรถแล้วได้ไม่เกิน 200 กิโลกรัม
3) ขนาดมอเตอร์	มอเตอร์ DC 500 วัตต์ 2500 รอบต่อนาที แรงบิด 1.9 นิวตันเมตร 24 โวลต์ ชนิดติดมอเตอร์เกียร์อัตราทดเกียร์ 1:6
4) ระบบส่งถ่ายกำลัง	เป็นแบบสายพานไทม์มิ่ง พูเลย์อัตราทด 1:2
5) ระบบเบรก	เป็นระบบเบรกไฟฟ้าแบบตัดวงจรระบบไฟฟ้าก่อนเข้าสู่มอเตอร์
6) ขนาดแบตเตอรี่	ขนาด 12 โวลต์ 14 แอมแปร์ จำนวน 2 ก้อน
7) ระบบการเพิ่มอัตราเร่ง	การเพิ่มอัตราเร่งเป็นแบบชนิดมือหมุนปรับเร่ง
8) ระบบการชาร์จแบตเตอรี่	ติดตั้งระบบชาร์จแบตเตอรี่ในตัวรถเข็น สามารถเสียบชาร์จแบตเตอรี่เข้ากับเต้ารับไฟฟ้า AC 220 โวลต์ได้
9) ระบบล้อหน้า	ล้อหน้าล้อคตายติดกับเพลลา และหมุนไปพร้อมกันกับชุดเพลลาส่งกำลัง
10) ระบบล้อหลัง	ล้อหลังหมุนฟรีได้ 360 องศา ไว้สำหรับหมุนบังคับเลี้ยว
11) ระบบควบคุม	เป็นชุดสำเร็จควบคุมมอเตอร์ DC ขนาด 500 วัตต์
12) แผงควบคุม	มีสวิตช์กุญแจ เปิด-ปิด ควบคุมวงจรพร้อมหลอดไฟ LED แสดงสถานะ เปิด, มีสวิตช์เดินหน้า-ถอยหลัง และมาตรวัดแสดงพลังงานแบตเตอรี่



(ก) เส้นทางขับเคลื่อนทางราบ

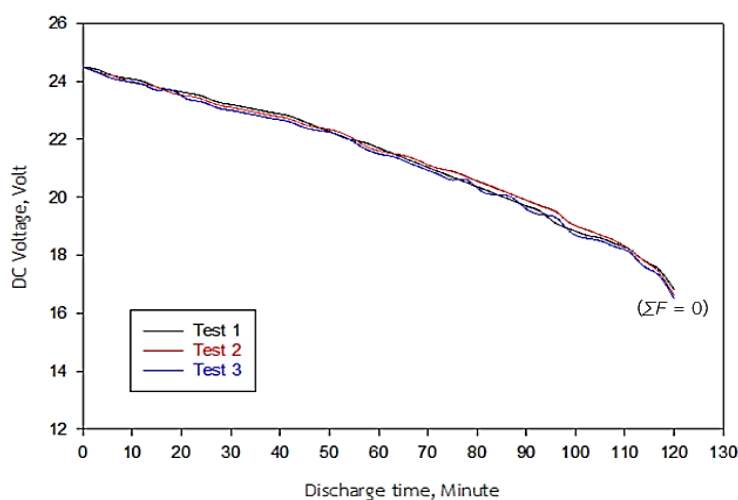


(ข) เส้นทางขับเคลื่อนขึ้นทางชัน

ภาพที่ 4 เส้นทางทดสอบรถเข็นอาหารผู้ป่วย

4.2 ผลการทดสอบรถเข็นอาหารและการใช้พลังงานของแบตเตอรี่กรณีใช้งานต่อเนื่อง

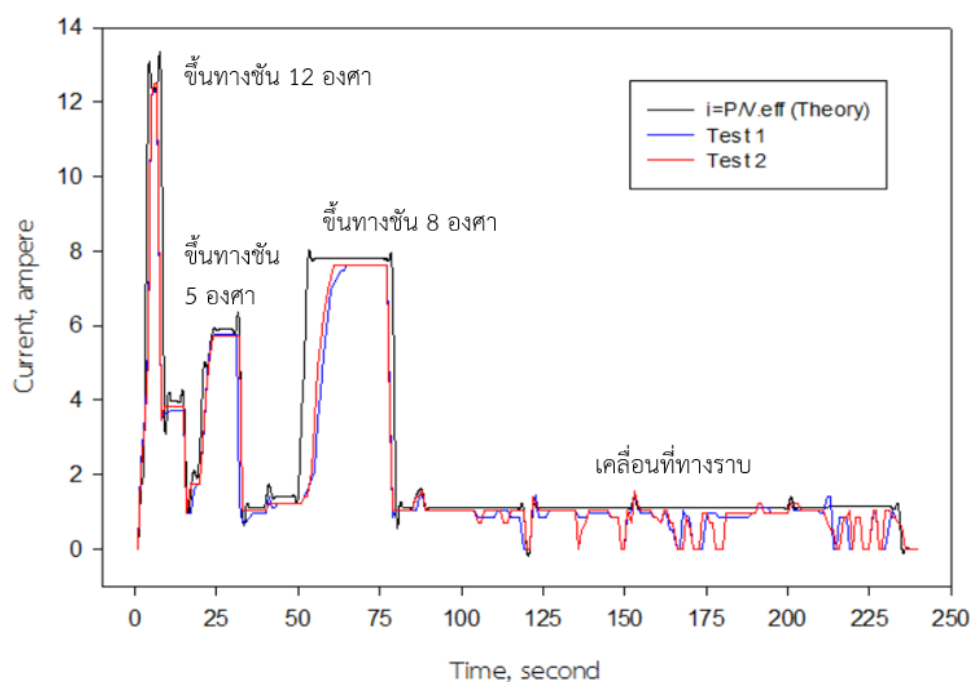
ผลการทดสอบรถเข็นอาหาร สามารถขับเคลื่อนทางราบได้เป็นอย่างดี และการใช้พลังงานแบตเตอรี่กรณีใช้งานต่อเนื่องความเร็วคงที่เฉลี่ยในการขับเคลื่อนไม่เกิน 0.8 เมตรต่อวินาที พบว่าแบตเตอรี่ใช้งานได้เป็นเวลา 120 นาที หรือ 2 ชั่วโมง ที่ยังขับเคลื่อนได้ดี หลังจากนั้นแรงดันของแบตเตอรี่ก็จะลดลงเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง แสดงดังภาพที่ 5 จนไม่สามารถเอาชนะแรงต้านของรถเข็นได้ ($\Sigma F = 0$) ส่งผลให้รถเข็นไม่มีกำลังขับเคลื่อนหรือขับเคลื่อนช้าลงและหยุดนิ่งในที่สุด และในกรณีทดสอบส่งอาหารในเส้นทางรถเข็นส่งอาหารในโรงพยาบาล 3 รอบต่อวัน การใช้พลังงานจากแบตเตอรี่จะใช้ได้นานกว่าการทดสอบต่อเนื่อง เนื่องจากจะมีการหยุดพักการใช้งานแบตเตอรี่ กรณีเกิดเหตุฉุกเฉินต้องการหยุดรถเข็น สามารถทำได้โดยการจับมือเบรก ระบบจะตัดวงจรการทำงานของมอเตอร์ เพื่อความปลอดภัยของพนักงานเข็นรวมไปถึงป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นกับรถเข็น



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้าและเวลาในการใช้งานแบตเตอรี่ต่อเนื่อง

4.3 ผลการทดสอบกรณีขับเคลื่อนในเส้นทางขนส่งอาหารในโรงพยาบาล

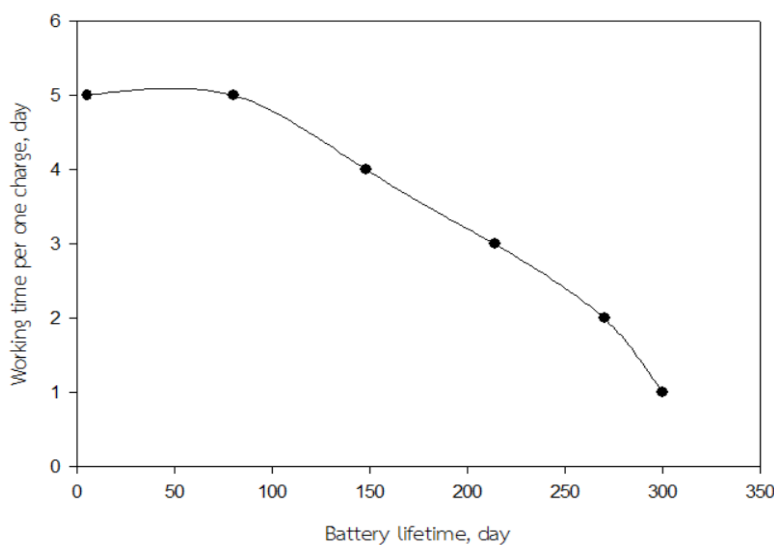
ผลการทดสอบรถเข็นอาหารกรณีขับเคลื่อนในเส้นทางขนส่งอาหารในโรงพยาบาล สามารถขับเคลื่อนทางราบและขึ้นทางชันไม่เกิน 15 องศา ได้เป็นอย่างดีความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและเวลาในการขับเคลื่อน ระยะทางในการขนส่งอาหารไป-กลับ 220 เมตรต่อรอบ ที่ความเร็วเฉลี่ยในการขับเคลื่อนไม่เกิน 0.8 เมตรต่อวินาที พบว่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด 12.5 แอมแปร์ ในการขับเคลื่อนขึ้นทางชัน 15 องศา เนื่องจากการขับเคลื่อนขึ้นทางชัน ก่อให้เกิดแรงต้านทางชัน ส่งผลให้รถเข็นมีการะเพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าจึงแปรผันตามภาระที่เพิ่มขึ้น จากนั้นขับเคลื่อนทางราบและทางขรุขระเล็กน้อยตามเส้นทางขนส่งอาหารในโรงพยาบาลแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์กระแสไฟฟ้ากับเวลาในการขับเคลื่อนเส้นทางในการขนส่งอาหาร

4.4 ผลการทดสอบอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

ผลการทดสอบการใช้งานแบตเตอรี่ใหม่ต่อการชาร์จ 1 ครั้ง ภายใต้เงื่อนไขการใช้งาน โดยการทดสอบขับเคลื่อนรถเข็นอาหาร บรรทุกขนส่งอาหารจริงในโรงพยาบาลตามเส้นทางในการขนส่งอาหาร 3 รอบต่อวัน รวมระยะทาง 660 เมตรต่อวัน ดังแสดงในภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่ารถเข็นสามารถใช้งานได้ 5 วันต่อการชาร์จแบตเตอรี่จำนวน 1 ครั้ง จากนั้นจะพบว่าการใช้งานของรถเข็นสามารถใช้งานได้ 4 3 2 และ 1 วันต่อการชาร์จแบตเตอรี่จำนวน 1 ครั้ง ตามลำดับ ซึ่งอายุการใช้งานโดยรวมของแบตเตอรี่โดยเฉลี่ยที่ยังคงมีประสิทธิภาพใช้งานได้ดีอยู่ในช่วง 8 - 10 เดือน หรือประมาณ 300 วันใช้งาน หลังจากนั้นควรเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการทำงานที่ดีและป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับมอเตอร์



ภาพที่ 7 อายุการใช้งานของแบตเตอรี่

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

ผลการทดสอบการขับเคลื่อนรถเข็นอาหารผู้ป่วยในโรงพยาบาลขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ด้วยไฟฟ้ากระแสตรง ขนาดบรรจุอาหารจำนวนถาด 32 ถาด และภาชนะโภชนาการอื่น ๆ น้ำหนักรวมไม่เกิน 100 กิโลกรัม รวมน้ำหนักรถแล้วไม่เกิน 200 กิโลกรัม สามารถขับเคลื่อนทางราบและขับเคลื่อนขึ้นทางชันไม่เกิน 15 องศา ตามเส้นทางในการขนส่งอาหารในโรงพยาบาลได้เป็นอย่างดี ในระยะทาง ไป - กลับ 220 เมตรต่อรอบ โดยส่งอาหารวันละ 3 รอบ รวมเป็นระยะทาง ไป - กลับ 660 เมตรต่อวันโดยประมาณ การใช้กระแสไฟฟ้าขับเคลื่อนทางราบอยู่ในช่วง 1 - 1.8 แอมแปร์ และพบว่าแรงต้านทางชันมีผลต่อการกินกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์เพิ่มขึ้นประมาณ 0.71 แอมแปร์ต่อความชัน 1 องศา

ผลการทดสอบด้านอายุการใช้งานแบตเตอรี่รถเข็นอาหารผู้ป่วย กรณีขับเคลื่อนต่อเนื่องสามารถใช้งานได้ 2 ชั่วโมง โดยเฉลี่ยต่อการชาร์จ 1 ครั้ง และกรณีใช้งานในการขนส่งอาหารผู้ป่วยตามเส้นทางในการขนส่งอาหารในโรงพยาบาล วันละ 3 รอบ รวมระยะทางในการขับเคลื่อน 660 เมตรต่อวัน จะสามารถใช้งานได้ 5 วัน ต่อการชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้ง และลดลงเมื่ออายุการใช้งานเพิ่มมากขึ้น โดยอายุการใช้งานที่เหมาะสมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 8 - 10 เดือน หรือประมาณ 300 วันใช้งาน สำหรับแบตเตอรี่ใหม่

ด้านความพึงพอใจของแผนกโภชนาการ ในการทดสอบใช้งานรถเข็นอาหารผู้ป่วย โดยภาพรวมผลการทดสอบในครั้งนี้อยู่ในเกณฑ์ดีมาก และเป็นที่น่าพึงพอใจของบุคลากรในแผนกโภชนาการโรงพยาบาลเสริมงาม อำเภอเสริมงาม จังหวัดลำปาง เป็นอย่างมาก เนื่องจากช่วยผ่อนแรงให้กับพนักงานเข็นได้เป็นอย่างดี พร้อมทั้งช่วยลดเวลาในการขนส่งอาหารได้ดีเมื่อเทียบกับแบบเดิม รวมไปถึงเพิ่มประสิทธิภาพในงานด้านการให้บริการแก่โรงพยาบาลเสริมงามอีกด้วย

ด้านการพัฒนาปรับปรุงต่อยอดของงานวิจัยและหลากหลายในการใช้งาน ในอนาคตถ้ามีการปรับปรุงอาจติดระบบครีทซ์ในการส่งกำลังเพิ่มเติม เป็นทางเลือกในการขับเคลื่อนของรถเข็น เช่น กรณีขับเคลื่อนทางราบควรใช้การขับเคลื่อนด้วยแรงเข็นของพนักงานเข็น แต่ถ้ากรณีขับเคลื่อน

ชั้นทางชั้นอาจเปลี่ยนเป็นการใช้กำลังจากมอเตอร์ช่วยเสริมแรงในการขับเคลื่อนชั้นทางชั้น ทั้งนี้เพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานของมอเตอร์และแบตเตอรี่ได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ที่ให้ทุนสนับสนุนภายใต้โครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน ประเภท ทุน HRD

7. เอกสารอ้างอิง

- Anuraj, N. P., Srinivasa and Vignesh Ravichandran. (2013). Design of a Food Trolley for Hospitals in India, **SASTECH Journal**, Vol. 12, September 2013, pp. 90 - 98.
- Designing Trolley. (2019). **A guide to smart trolley design and castor**, [Online]. Retrieved HTTP: <http://www.fallshaw.com.au>, access on 11/05/2019.
- H. J. Hartwell., J. S. A. Edwards and C. Symonds. (2006) Foodservice in hospital development of a theoretical model for patient experience and satisfaction using one hospital in the UK National Health Service as a case study, **Blackwell Publishing Journal of Foodservice**, Vol. 7, 2006, pp. 226-238.
- Kart T. Ulrich. (2006). Estimating the Technology Frontier for Personal Electric Vehicles, **Transportation Research Part C**, Vol.13, January 2006, pp. 448-462.
- Nayak, Madhukara., Kamath, Karthik., Karunakara, Lobo, Rohill Joseph., Anchan, Shreedeeep S. and Saikrishna, Er. U. (2015). Fabrication of Automated Electronic Trolley, **IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering**, Vol.12, May – June. 2015, pp. 72-84.
- Standard Steel. (2014). **Standard Steel Manufacturing Unit**, [Online]. Retrieved HTTP: <http://www.standardsteel.co.in>, access on 15/05/2019.
- Suwanprateeb, T. (2016) **Automotive engineering**. Bangkok: Witthaya Phat Group.,Ltd. (in Thai)
- Pluemsong, S., Pahumanto, A., Kaew-vichit, A., Akkayabhundu, V., and Tri-penmaan, S. (2016). Research and Development of the Patient Food Trolley with Electric Motor Drive for Using in the Hospital, **Wichcha Journal**, Vol. 35, 2 July-December 2016, pp 16-32. (in Thai)
- Wongsuwan, H. (2011). Universal Electric Scooter, Mechatronics and Robot Research Center, Mechanical Engineering Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, **The 25th Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand**, 19 -21 October 2011, Krabi. (in Thai)