

การออกแบบและสร้างรถเข็นไฟฟ้าสำหรับคนพิการแบบความเร็ว 3 ระดับ ที่ควบคุมด้วยมือโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

The Design and Construction of 3 Speed Levels Electric Wheelchair for Disabilities Controlled with Hand by using Microcontroller

ชัยพร อัดโดดดร นิตikom อริยพิมพ์* ธนัช เอกเกื้อกุล พงศกร ชิดชอบ

จิรวัดน์ วรณโรจน์ ธนกร ศิริมงคลกานต์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

199/19 ถนนมิตรภาพ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

Chaiporn Addoddorn Nitikom Ariyapim* Tanut Aekkuerkul Phongsagorn Chidchob

Jirawat Waroonrod Thanakorn Siramongkolkan

Faculty of Engineering, Northeastern University

199/19 Mittraphap Rd., Mueang District, KhonKaen 40000

*Corresponding author E-mail : Nitikom.ari@neu.ac.th

(Received: December 26, 2022; Revised: January 7, 2023 ; Accepted: March 23, 2023)

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างรถเข็นไฟฟ้าสำหรับคนพิการแบบความเร็ว 3 ระดับที่ควบคุมด้วยมือโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถควบคุมความเร็วได้แบบปรับความกว้างพัลส์ที่ร้อยละ 100 80 และ 60 ที่ค่าความเร็วสูงสุดแบบความเร็วหมุนวน ซึ่งประกอบด้วยวงจรตรวจจับระดับแรงดันแบตเตอรี่ วงจรอัดประจุ วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA2560 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ H-Bridge Driver SE-HB-80 มอเตอร์เกียร์สเกดเดอร์ 2 ตัว และคันโยกบังคับมือ ให้สามารถเคลื่อนที่และพาผู้ใช้งานไปยังพื้นที่ต่างๆได้ ซึ่งรับคำสั่งมาจากผู้ใช้งานโดยผ่านคันโยกบังคับมือ แล้วส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA2560 เป็นตัวควบคุมอีกทีหนึ่ง ซึ่งใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบทั้งหมด จากการทดสอบการทำงานของรถเข็นไฟฟ้านี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับคำสั่งจากคันโยกบังคับมาประมวลผลและควบคุมการทำงานของรถเข็นไฟฟ้าได้ทุกฟังก์ชัน อาทิเช่น เดินหน้า ถอยหลัง หยุด เลี้ยวขวา เลี้ยวซ้าย แบบความเร็วหมุนวนที่ความกว้างพัลส์ร้อยละ 10 เป็นเวลา 150 ms รถเข็นไฟฟ้านี้สามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด 120 กิโลกรัม ทำให้ปลอดภัยและประหยัดแรงงานของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างมาก และทำให้ลดภาระการช่วยเหลือดูแลจากคนรอบข้าง สังคม และภาครัฐได้ วัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างรถเข็นไฟฟ้านี้สามารถหาซื้อได้ในท้องถิ่นหรือภายในประเทศ ทำให้ประหยัดต้นทุนลงได้เป็นอย่างมากอีกด้วย

คำสำคัญ: รถเข็นไฟฟ้า มอเตอร์เกียร์สเกดเดอร์ ความกว้างพัลส์ ความเร็วหมุนวน ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This paper presents the design and construction of 3 speed levels electric wheelchair for disabilities controlled with hand by using microcontroller. The speed can be controlled using 100, 80, and 60 percent pulse width modulation with the use of soft speed. The construction consists of the battery voltage level detection circuit, the charger circuit, the Arduino MEGA2560 microcontroller circuit, the H-Bridge Driver SE-HB-80 motor driver circuit, 2 scooter motor gear and the manual lever to allow the wheelchair to move and navigate to different areas depending on user commands. When using the manual lever, the command will be sent to the microcontroller Arduino MEGA2560 in which the system control program is written using C language. Based on the operation test of this electric wheelchair, the microcontroller can take commands from the manual lever to process and control all functions of the electric wheelchair such as forward, backward, stop, turn right, turn left with the use of soft speed at 10% pulse width modulation for 150 ms. This electric wheelchair can support a maximum weight of 120 kg. Thus, this wheelchair is very safe and can help minimize the user's effort as well as the need for assistance from other people, society and government. The materials used to make this electric wheelchair can be purchased locally or domestically, therefore it can save a lot of costs as well.

Keywords: Electric Wheelchair, Scooter Motor Gear, Pulse Width Modulation, Soft Speed, Microcontroller.

1. บทนำ

ประเทศไทยมีจำนวนคนพิการรวม 2,102,384 คน นับจากจำนวนคนพิการที่ได้รับการออกบัตรประจำตัวคนพิการแล้วตามข้อมูลสำนักทะเบียนกลาง กรมการปกครอง วันที่ 31 ธันวาคม 2564 จำแนกเป็นเพศหญิง 1,004,267 คน (47.77%) เพศชาย 1,098,117 คน (52.23%) และคนพิการส่วนใหญ่ในประเทศไทยเป็นผู้พิการทางแขนขาไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ทำให้ต้องใช้รถเข็นในการเคลื่อนที่และยังจำเป็นต้องมีคนปกติช่วยในการเข็นรถอีกด้วย ปัจจุบันรถเข็นเป็นที่ต้องการอย่างมากสำหรับคนพิการและผู้สูงอายุ ซึ่งรถเข็นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ รถเข็นด้วยมือและรถเข็นไฟฟ้า [1,2] ซึ่งจะเห็นว่าการขับรถเข็นด้วยมือเป็นเวลานานๆ จะทำให้ผู้ใช้งานเกิดอาการบาดเจ็บที่ข้อมือ ข้อศอก และไหล่ได้ ดังนั้น รถเข็นไฟฟ้าจึงเป็นที่นิยมมากกว่าและเพิ่มมาก

ขึ้นเรื่อย ๆ ในสังคมสมัยใหม่ โดยที่ปัจจุบันคนพิการในประเทศไทยนั้นประสบปัญหาในการเข้ารับบริการทางการแพทย์ เนื่องจากสาเหตุด้านค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ค่ารักษาพยาบาลและการรองรับการรักษาที่ต้องใช้เวลานาน ตลอดจนอาคารสถานที่ อุปกรณ์หรือสื่อที่ไม่เอื้อให้คนพิการเข้าถึงและใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้ อุปกรณ์ทางการแพทย์บางอย่างยังมีราคาแพงซึ่งคนพิการไม่สามารถใช้งานได้ด้วยตนเอง และต้องมีผู้ดูแลช่วยในการใช้งานอย่างเช่นรถเข็นคนพิการที่ต้องมีผู้ช่วยในการเข็นเพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ได้ หากคนพิการต้องอยู่เพียงลำพังไม่มีผู้ดูแล หากจะไปไหนก็ทำให้ยากลำบาก ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะมีรถเข็นไฟฟ้าคนพิการขายแล้วก็ตามถ้าเทียบกับการใช้งานที่ดีและมีประสิทธิภาพ สามารถไปในพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดเอียงได้ แต่หากจะให้คนพิการซื้อเองก็เป็นเรื่องลำบากเพราะมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้น

งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาและพัฒนารถเข็นไฟฟ้าควบคุมด้วยคันโยกบังคับมือ ให้สามารถเดินทางไปพื้นที่ราบ พื้นที่ลาดเอียงได้ ซึ่งมีราคาไม่แพงนัก มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง เพื่อช่วยส่งคนพิการที่มีปัญหาความพิการทางท่อนล่างให้สามารถเดินทางไปไหนมาไหนได้โดยไม่ต้องมีคนอื่นเข็น ช่วยอำนวยความสะดวกแก่คนพิการที่ไม่มีผู้ช่วยเหลืออีกด้วย ทำให้ปลอดภัยและประหยัดแรงงานของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างมาก และทำให้ลดภาระการช่วยเหลือ ดูแลจากครอบครัว สังคม และภาครัฐได้ วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างรถเข็นไฟฟ้านี้สามารถหาซื้อได้ในท้องถิ่นหรือภายในประเทศ ทำให้ประหยัดต้นทุนลงได้เป็นอย่างมากอีกด้วย

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิวัฒนาการของรถเข็น

ปัจจุบันรถเข็นผู้พิการและผู้สูงอายุได้มีวิวัฒนาการไปอย่างมาก มีคุณภาพและสิ่งอำนวยความสะดวกที่หลากหลาย รถเข็นผู้พิการและผู้สูงอายุที่มีราคาแพงพวก Ultralightweight wheelchair จะมีโครงสร้างเป็นโลหะเบา พวกอลูมิเนียมหรือไคตาเนียม มีระบบการบังคับ การเอนพนัก ระบบความปลอดภัยและระบบล้อที่เคลื่อนไหวได้คล่องแคล่ว ผู้พิการและผู้สูงอายุจึงสามารถเรียนรู้และบังคับได้อย่างรวดเร็วเหมาะสำหรับผู้พิการและผู้สูงอายุที่จำเป็นต้องใช้ในระยะเวลา สำหรับรถเข็นผู้พิการและผู้สูงอายุที่มีราคาย่อมเยากว่านั้นถึงจะไม่ได้ผลิตด้วยโลหะเบา แต่มีความทนทาน ใช้งานได้ง่าย มีระบบอำนวยความสะดวกพอควร จึงเหมาะสำหรับคนใช้ทั่วไปแตกต่างจากรถเข็นผู้พิการและผู้สูงอายุที่มีราคาถูกมากๆผลิตทั้งในและต่างประเทศ แต่ใช้วัสดุที่ไม่มีความคงทน มักโค้งงอหักหรือบิดได้ง่าย ที่สำคัญระบบการบังคับและระบบล้อไม่มีความคล่องตัว คนใช้จะมีปัญหาอย่างมากกับการใช้งานรถเข็นมีความสำคัญในการใช้เดินทางอย่างมากสำหรับผู้พิการและผู้สูงอายุที่นิยมใช้กันมีอยู่ 2 ประเภท ดังนี้

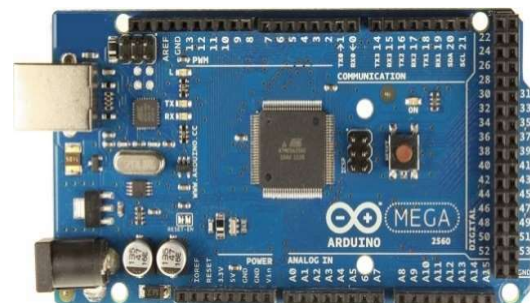
2.1.1 *รถเข็นธรรมดา* ช่วยให้ผู้พิการและผู้สูงอายุสามารถเคลื่อนที่ไปยังทิศทางที่ต้องการโดยการให้ผู้อื่น

เข็น แต่ถ้าไม่มีคนเข็นให้ผู้พิการหรือผู้สูงอายุจะต้องออกแรงในการหมุนล้อเพื่อให้รถเข็นเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ ซึ่งทำให้ต้องออกแรงอย่างมากในการเคลื่อนที่ แต่รถเข็นชนิดนี้ไม่เหมาะสำหรับผู้พิการเพราะช่วยเหลือตนเองได้ลำบากซึ่งรถเข็นมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก แต่มีราคาค่อนข้างถูก ทนทาน ใช้งานง่าย หาซื้อได้ทั่วไป

2.1.2 *รถเข็นไฟฟ้า* ช่วยให้ผู้พิการและผู้สูงอายุสามารถเคลื่อนที่ไปยังทิศทางที่ต้องการได้ โดยไม่จำเป็นต้องใช้คนอื่นเข็น เพราะมีการติดตั้งระบบไฟฟ้าในการเคลื่อนที่ ผู้ใช้สามารถบังคับผ่านจากคันโยกบังคับด้วยมือ ไม่ต้องออกแรงเหมือนกับรถเข็นธรรมดา แต่มีราคาค่อนข้างสูง

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

Arduino MEGA2560 R3 เป็นบอร์ด Arduino [3] ดังแสดงในรูปที่ 1 ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้ I/O มากกว่า Arduino Uno R3 เช่น งานที่ต้องการรับสัญญาณจาก Sensor หรือควบคุมมอเตอร์ Servo หลายๆ ตัวทำให้ Pin I/O ของบอร์ด Arduino Uno R3 ไม่สามารถรองรับได้ ทั้งนี้บอร์ด MEGA2560 R3 ยังมีความหน่วยความจำแบบ Flash มากกว่า Arduino Uno R3 ทำให้สามารถที่จะเขียนโค้ดโปรแกรมเข้าไปได้มากกว่าในความเร็วของ MCU ที่เท่ากัน [4,5]



รูปที่ 1 บอร์ด Arduino MEGA2560 R3 [3]

Arduino MEGA2560 R3 มีคุณสมบัติ ดังนี้

- ชิพไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega2560
- ใช้แรงดันไฟฟ้า 5 V

- รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่แนะนำ 7–12 V
- รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่จำกัด 6–20 V
- พอร์ต Digital I/O 54 พอร์ต มี 15 พอร์ต PWM

output

- พอร์ต Analog Input 16 พอร์ต
- กระแสไฟฟ้ารวมที่จ่ายได้ในทุกพอร์ต 40 mA
- กระแสไฟฟ้าที่จ่ายได้ในพอร์ต 3.3 V 50 mA
- พื้นที่โปรแกรมภายใน 256 KB แต่ 8 KB ถูกใช้โดย

Bootloader

- พื้นที่แรม 8 KB
- พื้นที่หน่วยความจำถาวร EEPROM 4 KB
- ความถี่คริสตัล 16 MHz

3. การออกแบบและสร้างรถเซ็นไฟฟ้าสำหรับคนพิการ

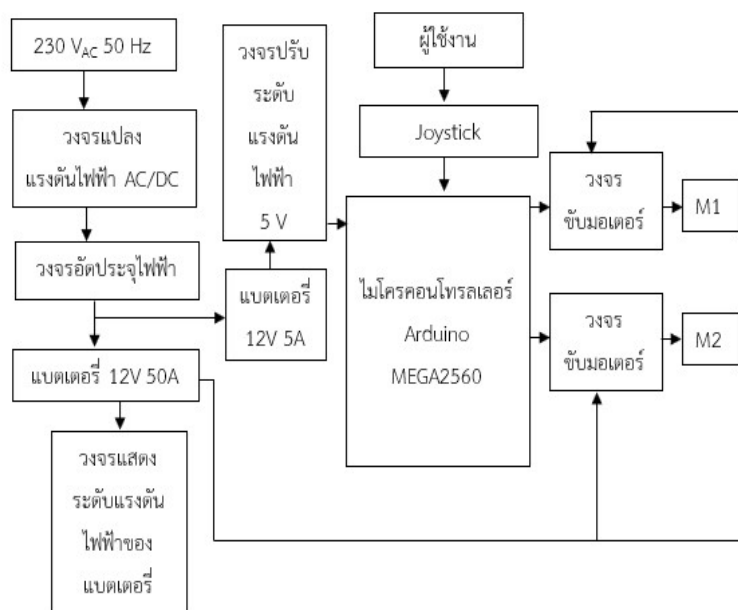
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน

จากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2 การทำงานจะมีหลอดแอลอีดีแจ้งระดับแรงดันของแบตเตอรี่หากแบตเตอรี่ต่ำจะมีการอัดประจุโดยรับพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับส่งต่อไปยังคำสั่งแปลงแรงดันไฟฟ้า

กระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้าตรงเพื่ออัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 50 แอมแปร์-ชั่วโมง และขนาด 12 โวลต์ 5 แอมแปร์-ชั่วโมง และจะมีคำสั่งปรับระดับแรงดันไฟฟ้าขนาด 5 โวลต์ เพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA2560 คำสั่งควบคุมของผู้ใช้งานจะถูกส่งมาโดยผ่านคันโยกบังคับมือแล้วส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA2560 ที่อยู่ในตัวรถเซ็นไฟฟ้าด้วยรหัสสัญญาณดิจิทัลต่างๆ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งมาประมวลผลและควบคุมการทำงานของมอเตอร์ M1, M2 ซึ่งใช้เป็นตัวขับเคลื่อนรถเซ็นไฟฟ้า โดยผ่านวงจรขับมอเตอร์และควบคุมการทำงานของรถเซ็นไฟฟ้าตามที่ต้องการ

3.2 โครงสร้างของรถเซ็นไฟฟ้า

โครงสร้างของรถเซ็นไฟฟ้านี้จะมีขนาดยาว 104 ซม. กว้าง 65 ซม. และสูง 88 ซม. น้ำหนัก 55 กก. (รวมแบตเตอรี่) ขับเคลื่อนด้วยล้อหลัง 2 ล้อ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 58 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 3 ผ่านเฟืองที่แกนโรเตอร์ของมอเตอร์เกียร์ ที่มีพิทการทำงาน ดังนี้



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของรถเซ็นไฟฟ้า

ตารางที่ 1 ข้อมูลการออกแบบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสดตรง

ข้อมูล	ตัวแปร	ปริมาณ	หน่วย
น้ำหนักรถเข็นไฟฟ้าและผู้ขับขี่	m	120	kg
อัตราเร็วที่ออกแบบ	V	5	km/hr
พื้นที่หน้าตัดของการขับขี่	A	0.54	m ²
รัศมีล้อ	d _w	0.29	m
สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ	K _a	0.018	-
จำนวนฟันเฟืองขับมอเตอร์	N _m	9	ซี่
จำนวนฟันเฟืองเพลาส่งกำลัง	N _s	32	ซี่
รัศมีเฟืองท้าย	d _s	0.065	m
ประสิทธิภาพการส่งกำลังที่ออกแบบ	η _t	90	%
มุมมองความลาดชัน	θ	10	องศา
ความกว้างของรถเข็นไฟฟ้า	W	0.65	m
ความยาวของรถเข็นไฟฟ้า	L	1.04	m

3.2.1 การคำนวณหาแรงต้านการเคลื่อนที่

3.2.1.1 แรงต้านจากการหมุน

หาค่าแรงต้านจากการหมุน (R_r)

$$\begin{aligned} R_r &= K_r N \\ &= 0.0158 \times 100 \times 9.81 \sin(10) \\ &= 2.69 \text{ N} \end{aligned} \quad (1)$$

เมื่อ R_r = แรงต้านการเคลื่อนที่ N

K_r = สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ

N = แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำกับล้อรถ N

โดยที่ N = mg ถ้ารถเข็นไฟฟ้าเคลื่อนที่ในพื้นราบ

N = mg sin θ ถ้ารถเข็นไฟฟ้าเคลื่อนที่ในพื้นเอียง

3.2.1.2 แรงต้านอากาศ

หาค่าแรงต้านอากาศ (R_a)

$$R_a = \frac{\rho V^2 C_D A}{2} \quad (2)$$

เมื่อ R_a = แรงต้านอากาศ (N)

ρ = ความหนาแน่นอากาศ (kg/m³), (ρ_{air} = 1.2 kg/m³)

C_D = สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ (Drag Coefficient)

V = ความเร็วของรถเข็นไฟฟ้า (km/hr)

A = พื้นที่หน้าตัดของรถเข็นไฟฟ้า (m²)

โดยที่พื้นที่หน้าตัดสามารถคำนวณได้จากสมการ (3)

$$\begin{aligned} A &= 0.8(W \times L) \\ &= 0.8(0.65 \times 1.04) \\ &= 0.54 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (3)$$

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดของรถเข็นไฟฟ้า (m²)

W = ความกว้างของรถเข็นไฟฟ้า (m)

L = ความยาวของรถเข็นไฟฟ้า (m)

และเมื่อแทนค่า

$$K_a = \frac{1}{2} \rho C_D \quad (4)$$

จะได้สมการของแรงต้านอากาศดังสมการ (5)

$$\begin{aligned} R_a &= K_a V^2 \\ &= 0.18 \times 0.54 \times 5^2 \\ &= 2.43 \text{ N} \end{aligned} \quad (5)$$

3.2.1.2 แรงต้านจากทางชัน

หาค่าแรงต้านจากทางชัน (R_g)

$$\begin{aligned} R_g &= Mg \sin \theta \\ &= (120 \times 9.81) \sin(10) \\ &= 204.42 \text{ N} \end{aligned} \quad (6)$$

จากแรงต้านทั้ง 2 ที่กล่าวมาข้างต้นนั้นสามารถนำมา

วิเคราะห์หาแรงต้านทั้งหมดได้สมการ (7)

$$\begin{aligned} R_t &= R_f + R_a + R_g \quad (7) \\ &= 2.69 + 2.43 + 204.42 \\ &= 209.54 \text{ N} \end{aligned}$$

เมื่อ R_t = แรงต้านทั้งหมด (N)

3.2.2 การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์

หากำลังขับเคลื่อนของล้อจากสมการการหาลำกำลังขับเคลื่อน

$$P_w = \frac{FV}{3.6} \quad (8)$$

แต่เนื่องจากในการส่งกำลังโดยทั่วไปนั้นไม่สามารถส่งกำลังไปสู่ชิ้นส่วนอื่นๆ ได้ถึง 100% ดังนั้น เราจะมาวิเคราะห์หาลำกำลังของมอเตอร์ที่ต้องใช้โดยการใช้ค่าประสิทธิภาพในการส่งกำลังเพื่อใช้ในการออกแบบจะได้ประสิทธิภาพการส่งกำลังได้สมการ (9)

$$\eta_t = \frac{P_w}{P_m} \quad (9)$$

เมื่อแทนค่ากำลังการขับเคลื่อนของล้อแล้วจะได้สมการ (10)

$$P_m = \frac{FV}{3.6\eta_t} \quad (10)$$

จากสมการ (10) เพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ (P_m) แต่จากสมการจะเปลี่ยนค่าจาก F เป็น R_t เมื่อแทนค่าในสมการจะได้

$$\begin{aligned} P_m &= \frac{R_t V}{3.6\eta_t} \quad (11) \\ &= \frac{209.54 \times 5}{3.6 \times 0.9} \\ &= 323.36 \text{ W} \end{aligned}$$

3.2.3 การคำนวณหาความเร็วรอบ

ในการเคลื่อนที่ของรถเข็นไฟฟ้านั้นอัตราเร็วของรถเข็นจะมีความสัมพันธ์กับค่าอัตราเร็วรอบโดยขึ้นอยู่กับอัตราทดเฟืองซึ่งสามารถวิเคราะห์หาอัตราเร็วของรถเข็นไฟฟ้าได้โดย

d1 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเฟืองขับ = 65 mm

d2 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเฟืองตาม = 160 mm

n1 คือ ความเร็วรอบก่อนทดเฟือง = 2950 rpm

n2 คือ ความเร็วรอบหลังทดเฟือง

$$d1.n1 = d2.n2 \quad (12)$$

$$\begin{aligned} n2 &= \frac{d1.n1}{d2} \\ &= \frac{65 \times 2950}{160} \end{aligned}$$

ดังนั้น ความเร็วรอบหลังทดเฟืองเท่ากับ 1198.43 rpm และการคำนวณหาอัตราทด i คือ อัตราทดเฟือง

$$\begin{aligned} i &= \frac{n1}{n2} = \frac{d2}{d1} \quad (13) \\ &= \frac{2950}{1198.43} \\ &= 2.46 \end{aligned}$$

ดังนั้น จึงเลือกมอเตอร์เกียร์สเกดเตอร์ ขนาด 24 V 330 RPM 250 W จำนวน 2 ตัว มีกำลังรวมกันเท่ากับ 500 W ซึ่งมีขายตามท้องตลาด ในการขับเคลื่อนรถเข็นไฟฟ้านี้

3.2.4 การคำนวณหาแบตเตอรี่

1. ใช้มอเตอร์ 250 วัตต์ 2 ตัว เท่ากับ 500 วัตต์

2. ใช้กับวงจรอื่นๆ 20 วัตต์

รวมขนาดแบตเตอรี่ที่ใช้ทั้งหมด 520 วัตต์

หา A (ขนาดกระแสต่อชั่วโมงของแบตเตอรี่) สามารถคำนวณได้จาก

$$\begin{aligned} A &= \text{ค่าพลังงานรวม/แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่} & (14) \\ &= 520/12 \\ &= 43 \text{ A} \end{aligned}$$

ดังนั้น เลือกแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 50 แอมแปร์-ชั่วโมง

3.2.5 พิกัดของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

ใช้วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์รุ่นโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ H-Bridge Driver SE-HB-80 เป็นตัวขับเคลื่อนมอเตอร์เกียร์ 1 ตัว เป็นโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์แบบ H-Bridge 12 โวลต์ 2 ช่อง จำนวน 2 ตัว โดยรับสัญญาณอินพุตมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์จำนวน 3 บิต อันได้แก่ ขา 30, ขา 32 และ ขา 2 โดยที่

ขา 30, ขา 32 ซึ่งส่งสัญญาณ Low หรือ High ออกมาจะทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ส่วนขา 2 ซึ่งส่งสัญญาณพัลส์วิดท์มอดูเลชันออกมาจะควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งมีตารางการทำงาน ดังนี้

ตารางที่ 2 การทำงานวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ H-Bridge Driver SE-HB-80

Inputs		Function
2 = H	30 = H, 32 = L	Forward
	30 = L, 32 = H	Backward
	30 = 32	Motor Stop
2 = L	30 = X, 32 = X	Motor Stop

L = Low H = High X = Don't care



รูปที่ 3 โครงสร้างของรถเข็นไฟฟ้าที่ควบคุมการทำงานด้วยมือที่ถ่ายจากภาพจริง

3.3 วงจรควบคุม

วงจรควบคุมในที่นี้จะประกอบด้วยวงจร 4 ส่วน อันได้แก่ วงจรตรวจจับระดับแรงดันแบตเตอรี่ วงจรอัดประจุ วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA2560 และ

วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4 และ 5 ดังนี้ ส่วนที่ 1 วงจรตรวจจับระดับแรงดันแบตเตอรี่เพื่อวัดระดับแบตเตอรี่ ส่วนที่ 2 วงจรอัดประจุ เราจะทำการอัดประจุเมื่อในส่วนที่ 1 แจ้งไฟแรงดันแบตเตอรี่ต่ำ

3.4 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

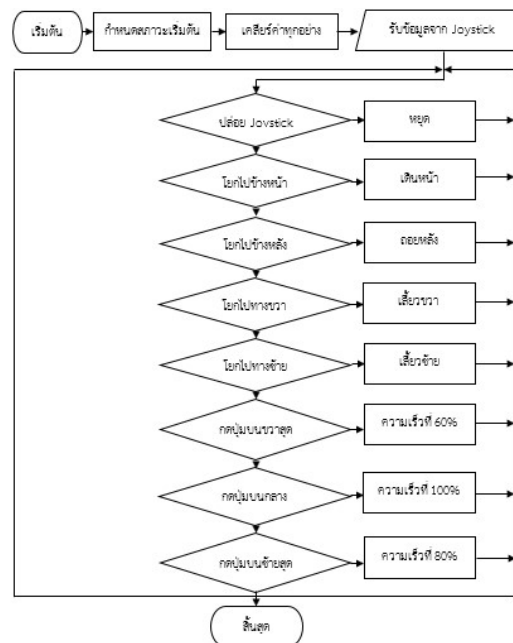
โปรแกรมควบคุมการทำงานของรถเข็นไฟฟ้า เริ่มจากการรับคำสั่งมาจากคันโยกบังคับมือ แล้วส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA2560 ที่อยู่ในตัวรถเข็นเป็นตัวควบคุมอีกหนึ่ง ซึ่งใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบทั้งหมด โดยสามารถแสดงให้เห็นได้ดังในรูปที่ 6 ซึ่งอธิบายการทำงานได้ ดังนี้ เมื่อคันโยกบังคับมือโยกไปข้างหน้าก็จะสั่งให้รถเข็นไฟฟ้าเดินทางหน้า เมื่อโยกคันโยกบังคับมือไปข้างหลัง ก็จะสั่งให้รถเข็นไฟฟ้าถอยหลัง และเมื่อโยกคันโยกบังคับมือ ไปทางขวาก็จะสั่งให้รถเข็นไฟฟ้าเลี้ยวขวา เมื่อโยกคันโยกบังคับมือไปทางซ้ายก็จะเป็นการสั่งให้รถเข็นไฟฟ้าเลี้ยวซ้าย เมื่อกดปุ่มบนทางขวาสุดที่อยู่บนปลายคันโยก จะเป็นการสั่งให้รถเข็นไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดร้อยละ 60 เมื่อกดปุ่มบนกลางที่บนปลายคันโยกบังคับมือ จะเป็นการสั่งให้รถเข็นไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็วร้อยละ 100 เมื่อกดปุ่มบนทางซ้ายสุดที่อยู่บนปลายคันโยกบังคับมือ ก็จะเป็นการสั่งให้รถเข็นไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็วร้อยละ 80 และเมื่อทำการปล่อยคันโยกบังคับมือ ก็จะเป็นการสั่งให้รถเข็นไฟฟ้าค่อยๆ ลดความเร็วลงที่ละร้อยละ 10 เป็นเวลา 150 ms จากความเร็วที่ต้องการจนถึงความเร็วศูนย์ตามลำดับ

4. ผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบความสามารถของรถเข็นไฟฟ้าสำหรับผู้พิการ

การทดสอบความสามารถของรถเข็นไฟฟ้าสำหรับผู้พิการ ดังแสดงในรูปที่ 7 ได้ดังนี้

- รถเข็นไฟฟ้าวิ่งได้นานต่อเนื่อง 1 ชั่วโมง หรือระยะทาง 20 กิโลเมตรต่อการชาร์จ 1 ครั้ง
- ระยะเวลาในการชาร์จ 3 - 6 ชั่วโมง
- สามารถปรับระดับความเร็วได้ 3 ระดับ
- สามารถข้ามสิ่งกีดขวางที่มีความสูงประมาณ 4 ซม.
- ได้ระดับความชันได้ 10 องศา



รูปที่ 6 โปรแกรมการทำงานของรถเข็นไฟฟ้า



รูปที่ 7 การทดสอบรถเข็นไฟฟ้า

4.2 การทดสอบการรับน้ำหนักได้ของรถเข็นไฟฟ้าสำหรับคนพิการ

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบให้ผู้ใช้งานที่มีน้ำหนักที่ต่างกันทดสอบการใช้งานของรถเข็นไฟฟ้าสำหรับคนพิการ โดยให้ทดสอบเคลื่อนที่ในระยะทาง 10 เมตร ที่ความกว้างพัลส์ร้อยละ 80 ดังแสดงในตารางที่ 3

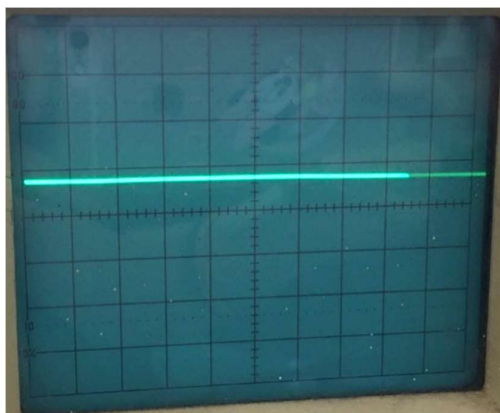
ตารางที่ 3 การทดสอบผู้ใช้งานที่มีน้ำหนักที่ต่างกัน

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ความสามารถในการรับน้ำหนักได้
49	✓
65	✓
67	✓
77	×
90	×

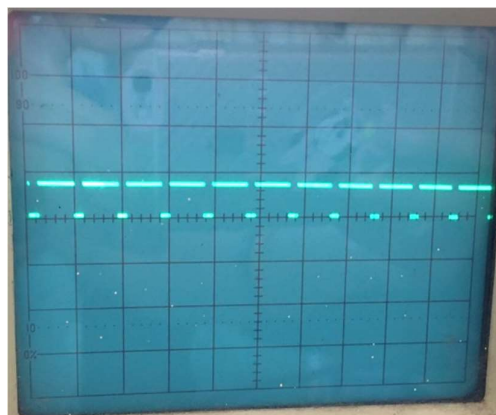
การทดสอบการรับน้ำหนักได้ของรถเข็นไฟฟ้าสามารถรับน้ำหนักคนพิการได้สูงสุด 67 กิโลกรัม (หมายเหตุ เครื่องหมาย ✓ คือ สามารถใช้งานได้ เครื่องหมาย × คือ ไม่สามารถใช้งานได้)

4.3 การทดสอบการทำงานของรถเข็นไฟฟ้า

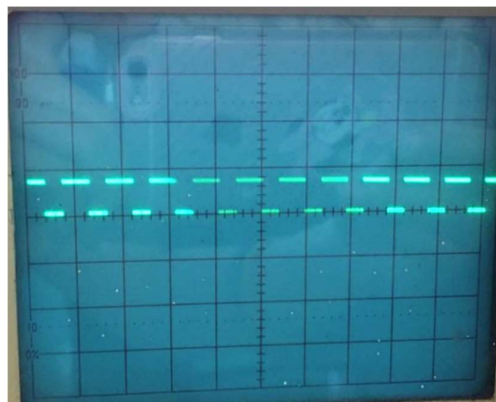
การทดสอบการทำงานของรถเข็นไฟฟ้านี้โดยส่งคำสั่งจากคณโยกบังคับไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วใช้ออสซิลโลสโคปรุ่น LG OS-5040A 40 MHz ANALOG OSCILLOSCOPE วัดสัญญาณคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ในตัวรถเข็นไฟฟ้าที่ความกว้างพัลส์ต่างๆ ที่ Volt/Div เท่ากับ 5 V และ Time/Div เท่ากับ 1 mS ดังแสดงในรูปที่ 8 9 และ 10



รูปที่ 8 คำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ความกว้างพัลส์ร้อยละ 100 ที่ Volt/Div เท่ากับ 5 V และ Time/Div เท่ากับ 1 mS



รูปที่ 9 คำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ความกว้างพัลส์ร้อยละ 80 ที่ Volt/Div เท่ากับ 5 V และ Time/Div เท่ากับ 1 mS



รูปที่ 10 คำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ความกว้างพัลส์ร้อยละ 60 ที่ Volt/Div เท่ากับ 5 V และ Time/Div เท่ากับ 1 mS

4.4 การวัดค่าแรงดันเฉลี่ยที่ค่าความกว้างของพัลส์ต่างๆ

การวัดค่าแรงดันเฉลี่ยที่ค่าความกว้างของพัลส์ต่างๆ ด้วยดิจิตอลมัลติมิเตอร์รุ่น UNI-T UT55 MULTIMETER แล้วทำการเปรียบเทียบกับแรงดันที่คำนวณได้ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าแรงดันเฉลี่ยที่ค่าความกว้างของพัลส์ต่างๆ

ความกว้างพัลส์ (%)	ค่าแรงดันที่จำนวนได้ (V)	ค่าแรงดันที่วัดค่าได้ (V)			ค่าแรงดันเฉลี่ยที่วัดค่าได้ (V)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
60	7.2	9.70	9.74	9.75	9.73
80	9.6	10.61	10.57	10.55	10.57
100	12	11.29	11.31	11.35	11.31

จากการทดสอบในตารางที่ 4 จะพบว่า ค่าแรงดันเฉลี่ยที่ค่าความกว้างของพัลส์ที่ 60 เปอร์เซ็นต์ ค่าแรงดันที่คำนวณได้ 7.2 โวลต์ จะได้ค่าแรงดันเฉลี่ยที่วัดได้ 9.73 โวลต์ มีค่าผิดพลาด 35.14% ที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ค่าแรงดันที่คำนวณได้ 9.6 โวลต์ จะได้ค่าแรงดันเฉลี่ยที่วัดได้ 10.57 โวลต์ มีค่าผิดพลาด 10.10% และที่ 100 เปอร์เซ็นต์ ค่าแรงดันที่คำนวณได้ 12 โวลต์ จะได้ค่าแรงดันเฉลี่ยที่ 11.31 โวลต์ มีค่าผิดพลาด 5.75% ซึ่งค่าผิดพลาดนี้เกิดจากความผิดพลาดเนื่องจากเครื่องวัด (Instrumental Errors) คือ ความผิดพลาดที่มีสาเหตุเกิดจากโครงสร้างระบบกลไกของเครื่องวัดใช้งานมานาน ขาดการบำรุงรักษา ทำให้เครื่องวัดเสื่อมประสิทธิภาพและได้ค่าการวัดที่คลาดเคลื่อน

4.5 การทดสอบความเร็วของรถเข็นไฟฟ้าที่ระดับความเร็วต่างๆ

การทดสอบความเร็วของรถเข็นไฟฟ้าที่ระดับความเร็วต่างๆ ด้วยโหลดคนนั่งน้ำหนัก 65 กก. และกำหนดระยะทางคงที่ไว้เท่ากับ 10 เมตร บนพื้นปูนซีเมนต์ โดยค่าความเร็วหาได้จากสูตร $\text{ความเร็ว} = \text{ระยะทาง} / \text{เวลา}$ (m/s) ดังแสดงในตารางที่ 5

4.6 การทดสอบค่าความเร็วสูงสุด ความเร่ง และความหน่วง

การทดสอบค่าความเร็วสูงสุด ความเร่ง และความหน่วงตามมาตรฐาน ISO 7176-6:2001 [6] ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 การทดสอบความเร็วของรถเข็นไฟฟ้าที่ระดับความเร็วต่าง ๆ

ระดับความเร็ว (%)	ครั้งที่	เวลา (วินาที)	ความเร็ว (เมตร/วินาที)	ความเร็วเฉลี่ย (เมตร/วินาที)
100	1	6.22	1.61	1.61
	2	6.25	1.60	
	3	6.16	1.62	
80	1	6.35	1.57	1.53
	2	6.62	1.51	
	3	6.58	1.52	
60	1	7.45	1.34	1.35
	2	7.32	1.37	
	3	7.37	1.35	

ตารางที่ 6 การทดสอบค่าความเร็วสูงสุด ความเร่ง และความหน่วงตามมาตรฐาน ISO 7176-6:2001

Maximum speed (v_{mm}), m/s	Forward horizontal	1.61
	Forward downhill 3° ramp	1.65
	Forward downhill 6° ramp	1.76
	Forward uphill 3° ramp	1.40
	Forward uphill 6° ramp	1.21
	Rearward horizontal	1.61
Acceleration, m/s^2	Overall, A_{om}	0.47
	Maximum, A_{mm}	0.50
Deceleration, m/s^2	Overall, R_{om}	0.35
	Maximum, R_{mm}	0.40

4.7 การใช้งานแบตเตอรี่

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบแรงดันแบตเตอรี่ว่าใช้งานได้นานแค่ไหน โดยทำการทดสอบที่ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที ตามลำดับ จนครบ 1 ชั่วโมง เป็นการทดสอบแรงดันแบตเตอรี่โดยจะวัดค่าทุก 10 นาที จนถึง 60 นาที แรงดันแบตเตอรี่ที่เวลา 60 นาที จะอยู่ที่ 12.52 โวลต์ ซึ่งสามารถใช้งานได้ตามปกติ ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การทดสอบแรงดันแบตเตอรี่

เวลา (นาที)	ระดับแรงดันแบตเตอรี่ (โวลต์)
ก่อนทำการทดสอบ	13.11
10	12.79
20	12.71
30	12.67
40	12.61
50	12.57
60	12.52

5. บทสรุป

จากการทดสอบการทำงานของรถเข็นไฟฟ้านี้ พบว่า ผู้ใช้งานสามารถส่งคำสั่งจากคันโยกบังคับมือไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ และไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับคำสั่งจากคันโยกบังคับมือมาประมวลผลและควบคุมการทำงานของรถเข็นไฟฟ้าได้ทุกฟังก์ชัน อาทิเช่น เดินหน้า ถอยหลัง หยุด เลี้ยวขวา เลี้ยวซ้าย แบบความเร็วหมุนนวลที่เวลาใดๆ ก็ได้ เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1.35 m/s หรือ 4.860 km/hr ที่ความกว้างพัลส์ร้อยละ 60 เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1.53 m/s หรือ 5.508 km/hr ที่ความกว้างพัลส์ร้อยละ 80 และเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1.61 m/s หรือ 5.796 km/hr ที่ความกว้างพัลส์ร้อยละ 100 แบบความเร็วหมุนนวลที่ความกว้างพัลส์ร้อยละ 10 เป็นเวลา 150 ms แต่เนื่องจากที่ความกว้างพัลส์ร้อยละ 100 ไม่สามารถใช้งานได้จริงในทางปฏิบัติอันเนื่องมาจาก

การออกแบบเป็นเวลานานส่งผลให้สวิตช์มีปัญหาจึงเห็นว่าไม่ควรใช้งาน รถเข็นไฟฟ้านี้สามารถเคลื่อนที่ได้ในบริเวณที่ต้องการ อาทิเช่น พื้นปูนซีเมนต์ พื้นดิน และพื้นหญ้า และผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้นานถึง 1 ชั่วโมงต่อการอัดประจุ 1 ครั้ง ทำให้ปลอดภัยและประหยัดแรงงานของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างมาก และทำให้อลดภาระการช่วยเหลือดูแลจากคนรอบข้าง สังคม และภาครัฐได้ วัสดุ อุปกรณ์ ในการสร้างรถเข็นไฟฟ้านี้สามารถหาซื้อได้ในท้องถิ่นหรือภายในประเทศ ทำให้ประหยัดต้นทุนลงได้เป็นอย่างมากอีกด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Kotesopa, "Electric Wheelchair Control and Wireless Health Status Monitoring for the Handicapped and the Elderly", M.S. Thesis, Department of Computer and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering, Dhurakij Pundit University, 2012.
- [2] K. Muisi, K. Chanthasit and S. Jitpattanakul, "The Application of Control System for Hand Control Wheelchair", *Rambhai Barnee Research Journal*, vol. 12, no. 2, pp. 190-199, May - August 2018.
- [3] C. Addoddorn, T. Siramongkolkan and N. Ariyapim, "The Design and Construction of Wireless Area Surveying Robot Controlled by Microcontroller", *CASNIC 2020*, pp. 1 1 6 5 - 1176, 2020.
- [4] Y. Pititeeraphab, T. Chaichana, and N. Thongpance, "Implementation of Electric Wheelchair with Microcontroller", *International Journal of Electronics and Electrical Engineering*, vol. 4, no. 3, pp. 253 - 257, June 2016.

- [5] S.U. Ufoaroh., O.S. Nnamonu, A.N. Aniedu and G.N. Okechukwu, “Design and Construction of a Battery-Powered Microcontroller-based Wheelchair”, *African Journal of Computing & ICT*, vol 8, no. 3, pp. 153-162, Oct. 2015.
- [6] International standard ISO 7176-6. Second edition 2001-10-01. part 6: Determination of maximum speed acceleration and deceleration of electric wheelchairs.