

ออกแบบและสร้างเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคเซลล์ประสาทสั่งการเสื่อม (ALS) ระหว่างรถเข็นนั่งและเตียงนอน

The Design and Construction of a Lift for Transferring ALS Patient between a Wheelchair and a Bed

ธนกร อยู่โต^{1*} ชลธิชา เนียมบุญเชื้อ² และ จุตามณี แก้วนาม²

Thanakorn Yootho^{1*} Cholticha Niambunjeua² and Jutamanee Thaewnam²

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์ในคณะวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต

²นักศึกษา คณะวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต

¹Assist. Prof. in Faculty of Biomedical Engineering Rangsit University

²Student in Faculty of Biomedical Engineering Rangsit University

*Corresponding author, E mail: thanakorn2f@hotmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือการออกแบบและสร้างเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคเซลล์ประสาทสั่งการเสื่อม (ALS) ระหว่างรถเข็นคนพิการและเตียงนอน (เครื่องต้นแบบ) ใช้งานง่าย รวดเร็วและปลอดภัย ไม่จำเป็นต้องมีผู้ดูแลหลายคน เครื่องที่ออกแบบมี 2 ส่วนหลักคือ 1) ระบบวงจรไฟฟ้าควบคุมประกอบด้วย สวิตช์ปุ่มกด วงจรขับ สวิตช์จำกัดมุม หลอด แอลอีดีแสดงผลและบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 เขียนด้วยโปรแกรมภาษาซีและ 2) ระบบแมคคานิคทำหน้าที่ดึงและหมุนตัวผู้ป่วยประกอบด้วย โครงเหล็ก ตัวรอก เชือกดึงและมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง ผลการทดสอบเชิงคุณภาพการทำงานของเครื่องพบว่า เครื่องสามารถยกตัวผู้ป่วยโรคเซลล์ประสาทสั่งการเสื่อม (ALS) ระหว่างรถเข็นคนพิการและเตียงนอนได้ ที่น้ำหนักตัวสูงสุด 100 กิโลกรัมและความสูง สูงสุด 170 เซนติเมตรเป็นไปวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ สำหรับด้านความปลอดภัยของกระแสไฟฟ้ารั่วไหลที่ตัวเครื่องพบว่ามีค่าอยู่ในมาตรฐาน IEC 60601-1 (IEC : International Electrotechnical Commission)

คำสำคัญ: ผู้ป่วยโรคเซลล์ประสาทสั่งการเสื่อม (ALS) การเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคเซลล์ประสาทสั่งการเสื่อม (ALS)

Abstract

The purpose of this research was to design and construct a machine used to transfer ALS patients from a wheelchair and a bed or vice versa (a prototype), which was easy to use, fast and safe, no need for multiple caregivers. This designed machine composed 2 main parts which were 1) the control electrical circuit system consisting of push button switches, drives, angle limit switches, LED displays and Arduino UNO R3

microcontrollers program with C- language and 2) the mechanical system for pulling and rotating the patient comprising of steel frame, pulley, rope, and DC motor. The results of qualitative testing found that the machine could be used well to move ALS patients with the maximum weight of 100 kg and the maximum height of 170 cm between the wheelchair and the bed. For electrical safety testing, the machine met the requirement of the IEC 60601-1 (IEC: International Electro technical Commission).

Keywords: ALS patients, Moving an ALS patient

1. บทนำ

ปัจจุบันในประเทศไทยมีผู้ป่วยเป็นโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS) พบผู้ป่วยราว 2 คนต่อประชากร 100,000 คนซึ่งถือว่ามีจำนวนผู้ป่วยไม่สูงมากนัก แต่นับได้ว่าเป็นโรคที่น่ากลัวเนื่องจากยังไม่มีทราบสาเหตุที่แน่ชัดและยังไม่มีวิธีรักษาให้หายขาด ในอนาคตมีแนวโน้มผู้ป่วยกลุ่มนี้จะเพิ่มสูงขึ้นโรคเซลล์ประสาทสั่งการเสื่อม(ALS) สามารถพบได้ทุกวัยตั้งแต่ทารกแรกเกิดจนถึงผู้สูงอายุ อาการของโรคเกิดจากการเสื่อมสลายของเซลล์ประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อและเกิดจากความผิดปกติของเซลล์ประสาทนำคำสั่งให้กับกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อตามแขนและขาอ่อนแรงส่งผลทำให้ผู้ป่วยไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้รวมทั้งการลุกขึ้นยืนและการนั่งลงซึ่งกระทำด้วยความยากลำบาก (Piera Pasinelli, Robert H. Brown ,2006; Sara Zarei,2015; Caroline Ingre, 2015) การใช้ชีวิตประจำวันของผู้ป่วยกลุ่มนี้ส่วนใหญ่อยู่บนรถเข็นนั่ง ปัญหาหลักที่พบคือการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากรถเข็นนั่งขึ้นเตียงนอนหรือจากเตียงนอนขึ้นรถเข็นนั่งจะกระทำด้วยความยากลำบากโดยเฉพาะผู้ป่วยที่มีน้ำหนักตัวมากกว่าผู้ดูแล(มิใช่ผู้ป่วยกลุ่มติดเตียง) ปัจจุบันประเทศไทยและต่างชาตินี้ยังไม่ได้ออกแบบและสร้างรวมทั้งผลิตเครื่องช่วยเคลื่อนย้ายผู้ป่วยกลุ่มนี้ขึ้นใช้งาน การแก้ไขปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงเกิดแนวคิดออกแบบและสร้างเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคเซลล์ประสาทสั่งการเสื่อม(ALS) ระหว่างรถเข็นนั่งกับเตียงนอนขึ้นทำให้ผู้ดูแลเคลื่อนย้ายผู้ป่วยได้สะดวกรวดเร็ว ลดอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้น มีความปลอดภัยสูงและไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ดูแลหลายคน

2. วัตถุประสงค์

ออกแบบและสร้างเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคเซลล์ประสาทสั่งการเสื่อม(ALS)ระหว่างรถเข็นนั่งและเตียงนอน (เครื่องดันแบบ) ใช้งานได้ที่น้ำหนักตัวสูงสุด 100 กิโลกรัมและความสูง สูงสุด 170 เซนติเมตร ใช้งานง่ายปลอดภัยไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ดูแลหลายคน

3. อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัสดุและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลักดังนี้

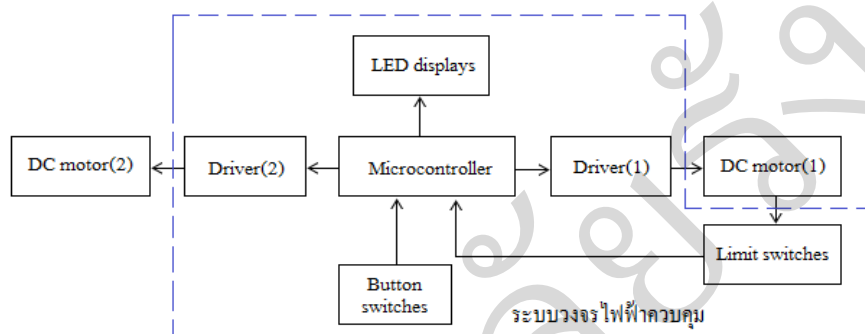
3.1.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Model Uno R3 รีเลย์ขนาดเล็ก รีเลย์กำลัง สวิตช์ปุ่มกด สวิตช์จำกัดมุมมองและอื่นๆ

3.1.2 เหล็กกล่อง เหล็กแผ่น ลูกสือเหล็ก มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เติมขัดพวงตัวผู้ป่วยและอื่นๆ

3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย

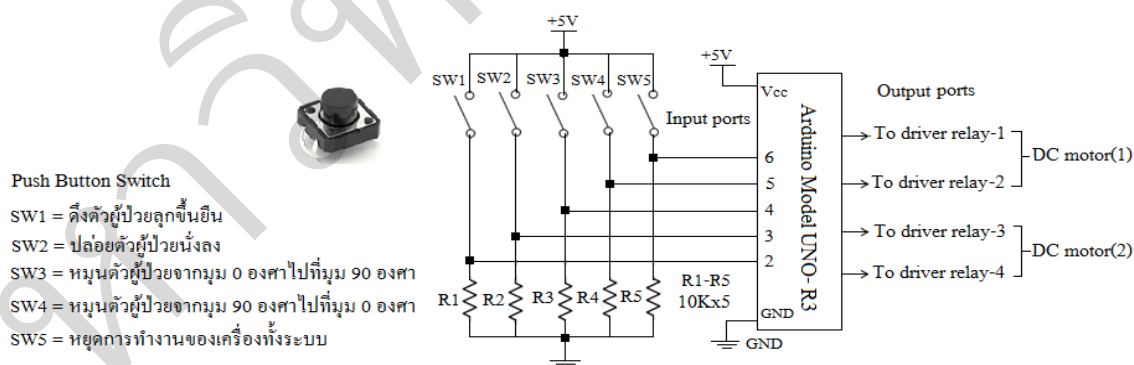
ออกแบบเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองด้วยการเชื่อมต่อ(ALS)ระหว่างรถเข็นนั่งและเตียงนอนประกอบไปด้วย 2 ระบบหลักคือ

3.2.1 ระบบวงจรไฟฟ้าควบคุมประกอบด้วย สวิตช์ปุ่มกด วงจรขับ สวิตช์จำกัดมุมองศา หลอด แอล อี ดี แสดงผล (LED display) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 และโปรแกรมภาษาซีควบคุมการทำงาน



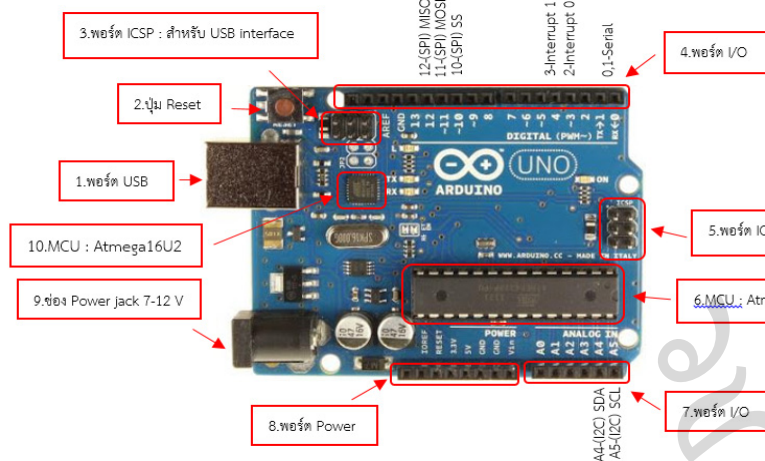
รูปที่ 1 โค้ดแแกรมแสดงหลักการทำงานของระบบวงจรไฟฟ้าควบคุมของเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง(ALS)

3.2.1.1 การออกแบบวงจรสวิตช์ปุ่มกด งานวิจัยนี้เลือกใช้สวิตช์ชนิดกดติดปลายนิ้วด้วยตัวความต้านทาน 10 k Ω จำนวน 5 ชุดในแต่ละชุดถูกเชื่อมต่อเข้ากับ input ports ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ สวิตช์ปุ่มกดแต่ละตัวทำหน้าที่ต่างกันดังแสดงในรูปที่ 2



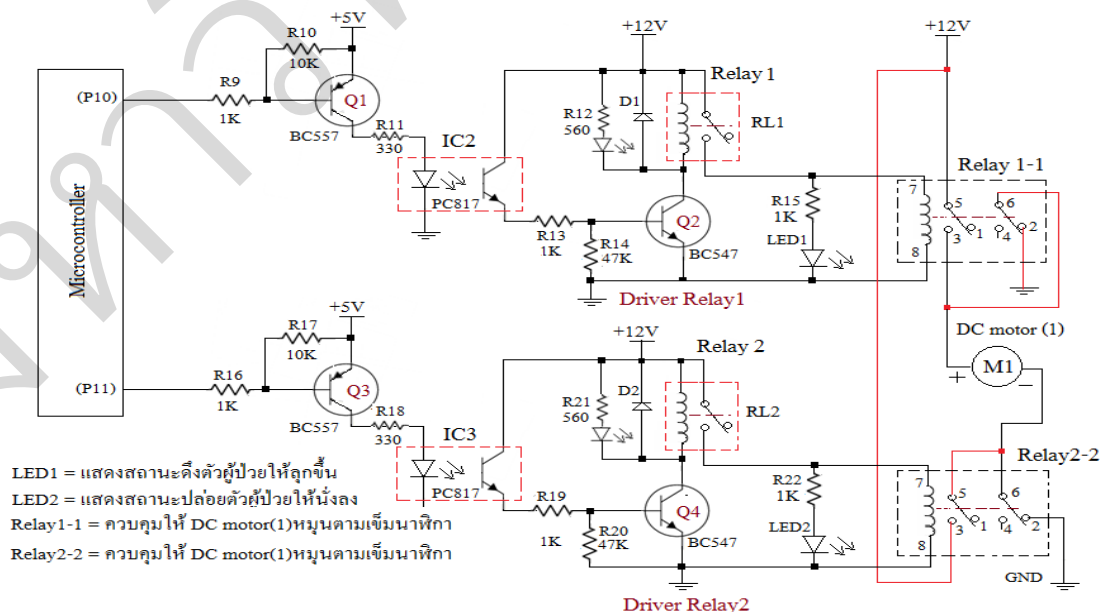
รูปที่ 2 วงจรสวิตช์ปุ่มกดควบคุมการทำงานถูกเชื่อมต่อเข้ากับ input port ของ ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

3.2.1.2 การออกแบบเพื่อเลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงาน ในงานวิจัยนี้เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Model Uno R3 เนื่องจากมี input port, output port และ memory เพียงพอรวมทั้งบอร์ดมีขนาดเล็กและใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ (W. Durfee, 2011; เอกชัย มะการ, 2552)

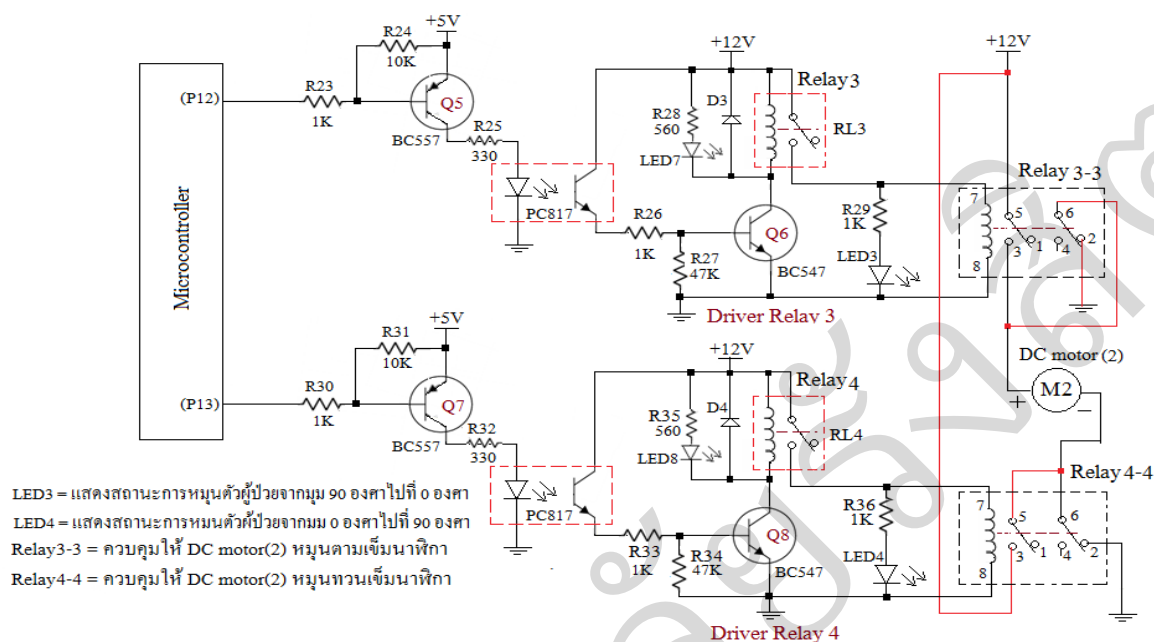


รูปที่ 3 ลักษณะของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Model Uno R3. ใช้สำหรับประมวลผลและควบคุมการทำงาน

3.2.1.3 การออกแบบวงจรขับ (drivers) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ 1) วงจรขับชุดที่ 1 (driver-1) ทำหน้าที่ตัดและต่อกระแสไฟฟ้าตรง 12 V จากแหล่งจ่ายป้อนให้กับ DC motor(1) ใช้สำหรับดึงตัวผู้ปวยให้ลุกขึ้นยืนหรือปล่อยตัวผู้ปวยให้นั่งลงบนเก้าอี้รถเข็นหรือเตียงนอนและ 2) วงจรขับชุดที่ 2 (driver-2) ทำหน้าที่ตัดและต่อกระแสไฟฟ้าตรง 12 V จากแหล่งจ่ายป้อนให้กับ DC motor(2) ใช้สำหรับหมุนตัวผู้ปวยจากมุม 0 องศาไปที่ 90 องศาหรือทำกลับกัน โดยใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม วงจรขับทั้งสองนี้ถูกเชื่อมต่อเข้ากับ DC motor(1) และ DC motor(2) สำหรับทางเดินอินพุตของวงจรขับทั้งสองนี้ถูกเชื่อมต่อเข้ากับ output port (P10 – P13) ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4 (ก) และ (ข)



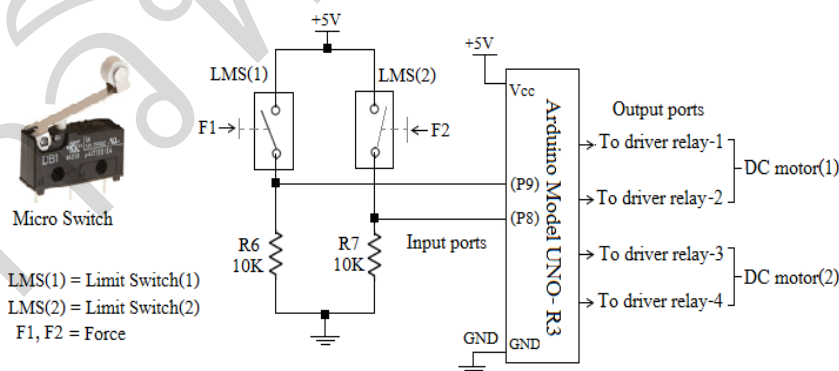
(ก) วงจรไฟฟ้าใช้ควบคุมการหมุนของ DC motor (1) ถูกเชื่อมต่อเข้ากับ input port (P10, P11) ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์



(ข) วงจรไฟฟ้าใช้ควบคุมการหมุนของ DC motor (2) ถูกเชื่อมต่อเข้ากับ input port (P12, P13) ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

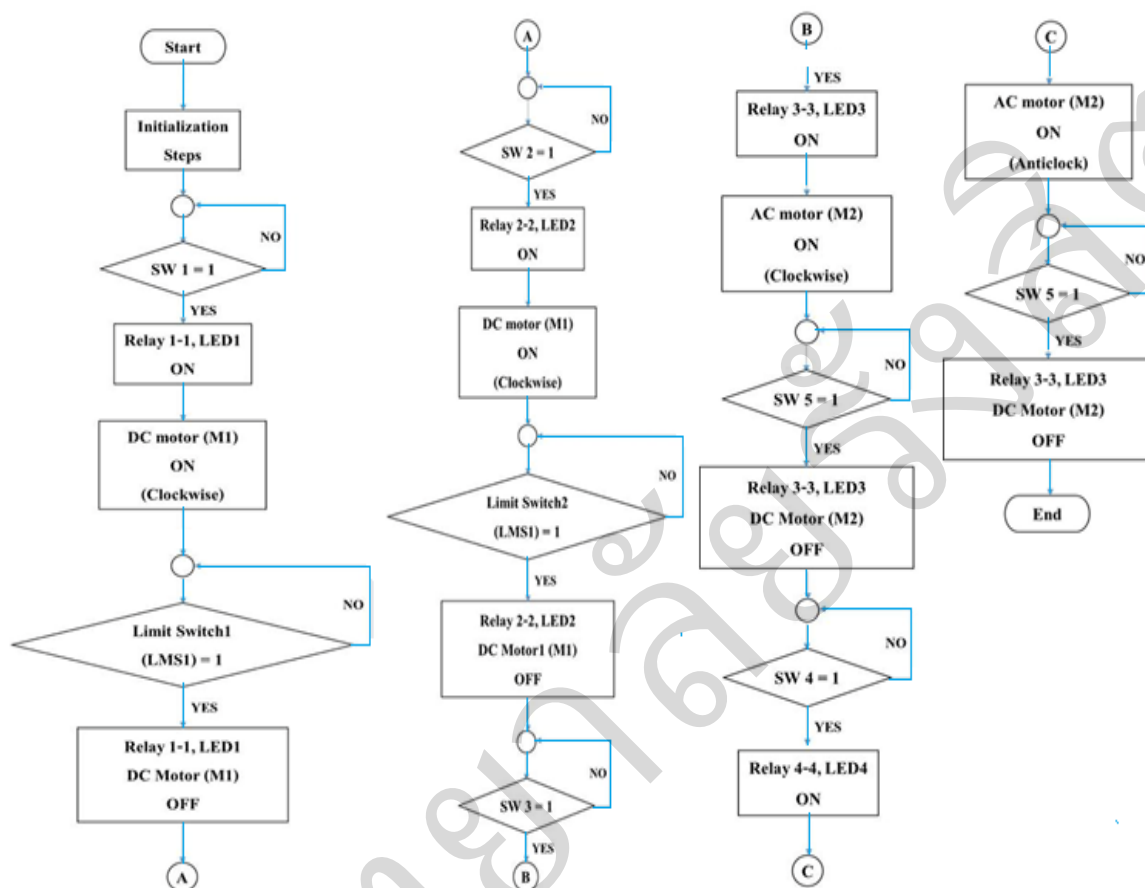
รูปที่ 4 วงจรขับใช้สำหรับควบคุมการหมุนของ DC motor 1 (ก) และ DC motor 2 (ข)

3.2.1.4 การออกแบบวงจรสวิตช์จำกัดมุมองศาทำหน้าที่กำหนดมุมการหมุนของแท่นขึ้นจากมุม 0 องศาไปที่ 90 องศาใช้สวิตช์ LMS(1) และจากมุม 90 องศาไปที่ 0 องศาใช้สวิตช์ LMS(2) สวิตช์ทั้งสองถูกเชื่อมต่อเข้ากับ input port (P8, P9) ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 วงจรสวิตช์จำกัดมุมการหมุนของแท่นขึ้นผู้ป้อนจากมุม 0 องศาไปที่ 90 องศาและจาก 90 องศาไปที่ 0 องศา

3.2.1.5 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงาน ในงานวิจัยนี้เขียนด้วยภาษา C (โอภาส เอ็มศิริวงศ์, 2552) บนที่กลงในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ กระบวนการควบคุมการทำงานเป็นไปตาม flowchart program ดังนี้



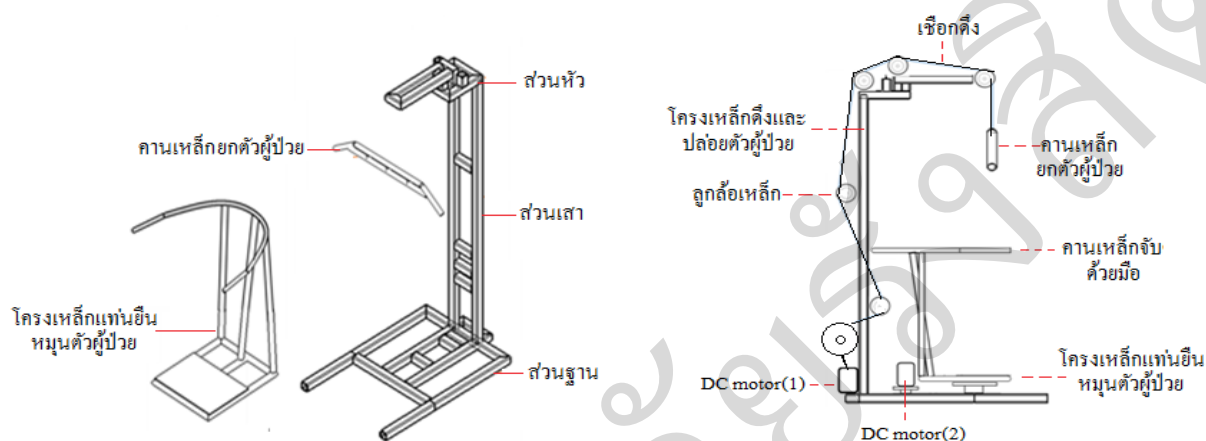
รูปที่ 6 แสดง flowchart program ควบคุมการทำงานของเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วย
โรคหลอดเลือดสมอง (ALS) ระหว่างรถเข็นนั่งและเตียงนอน

3.2.2 ระบบแมคคาทรอนิกส์ทำหน้าที่ดึงหรือปล่อยและหมุนตัวผู้ป่วยประกอบด้วย โครงเหล็ก ตัวรถ เชือกดึงและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงการออกแบบมีดังนี้

3.2.2.1 การออกแบบส่วน โครงเหล็ก ใช้เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 3.27 เซนติเมตรหนา 0.28 เซนติเมตรเชื่อมต่อเข้าด้วยกันเป็น 2 ส่วนหลักคือ 1) โครงเหล็กดึงและปล่อยตัวผู้ป่วยซึ่งประกอบด้วยโครงเหล็กชุดที่ 1 ลูกดิ่งเหล็ก จำนวน 6 ลูก และ DC motor (1) และ 2) โครงเหล็กหมุนตัวผู้ป่วยจากมุม 0 องศาที่ 90 องศาและทำกลับกันประกอบด้วยโครงเหล็กชุดที่ 2 และ DC motor (2) ดังแสดงในรูปที่ 7

3.2.2.2 การออกแบบเพื่อเลือกใช้ DC motor ในงานวิจัยนี้ใช้ DC motor จำนวน 2 ชุด ขนาด 12 V, 1.5 A ทดรอบการหมุนด้วยเฟืองเกียร์ (5RGN 36K) 20 รอบต่อนาที ในรูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่า DC motor (1) ถูกยึดติดเข้ากับฐานของเครื่องซึ่งทำหน้าที่ดึงและปล่อยตัวผู้ป่วยและ DC motor (2) ถูกยึดติดเข้ากับฐานของเครื่องทำหน้าที่หมุนตัวผู้ป่วยจากมุม 0 องศาที่ 90 องศาและทำกลับกันลักษณะของ DC motor พร้อมเฟืองเกียร์ทดรอบทั้งสองดังแสดงในรูปที่ 8 (ก)

3.2.2.3 การออกแบบเพื่อเลือกใช้เข็มขัดพยุงตัวผู้ป่วย งานวิจัยนี้ใช้เข็มขัดพยุงตัวสำเร็จรูปที่มีขายตามท้องตลาด ขนาด 29 – 36 นิ้ว (Size: M) ด้านในบุด้วยฟองน้ำกันกระแทกมีที่จับในแนวตั้ง 3 จุดและแนวนอน 1 จุด สามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด 150 กิโลกรัม ดังแสดงในรูปที่ 8 (ข)

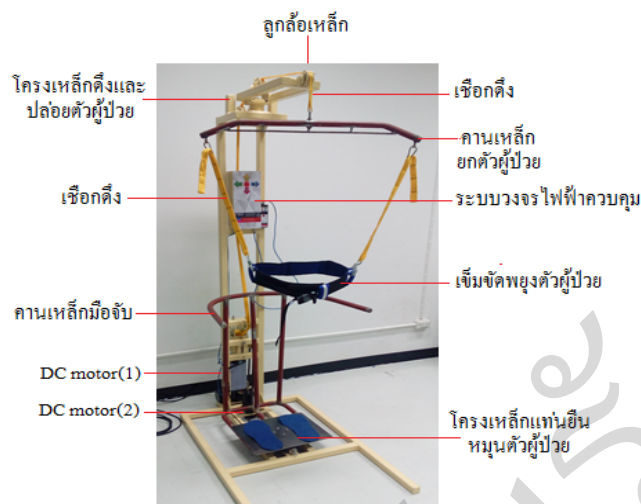


รูปที่ 7 ระบบแมคคาณิกของเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคลิ้นหัวใจประสาทสั่งการเชื่อมต่อ(ALS) ระหว่างรถเข็นนั่งและเตียงนอน



รูปที่ 8 ลักษณะของ DC motors พร้อมเฟืองเกียร์ทดสอบ (ก) และเข็มขัดพยุงตัวผู้ป่วย (ข)

3.2.2.4 ลักษณะของเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคลิ้นหัวใจประสาทสั่งการเชื่อมต่อ(ALS)ระหว่างรถเข็นนั่งและเตียงนอน จากการออกแบบในหัวข้อ 3.2.1 – 3.2.2 นำมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคลิ้นหัวใจประสาทสั่งการเชื่อมต่อ(ALS)ที่เสร็จสมบูรณ์ดังแสดงในรูปที่ 9

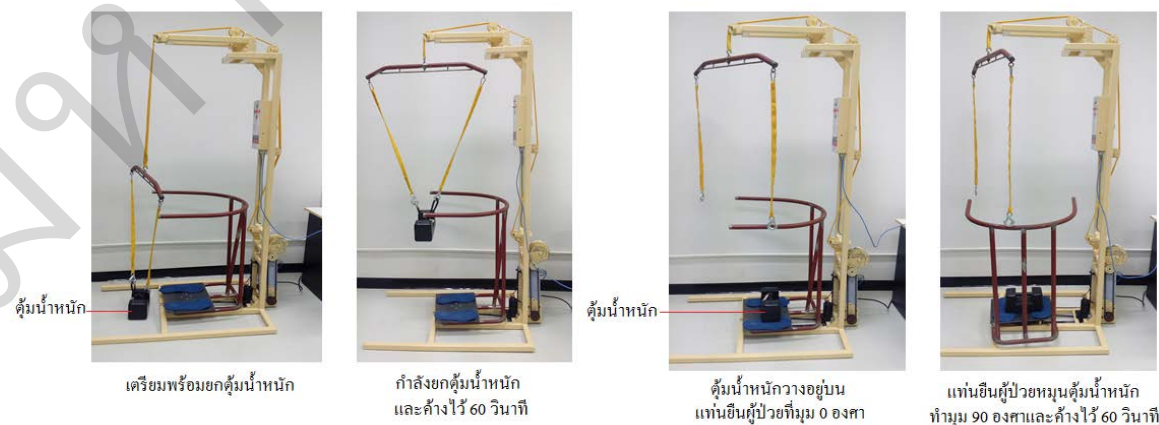


รูปที่ ๙ ลักษณะเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคเซลล์ประสาทสั่งการเสื่อม(ALS) ระหว่างรัดเข็นนั่งและเตียงนอนที่ออกแบบและสร้างเสร็จสมบูรณ์

3.2.2.5 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคเซลล์ประสาทสั่งการเสื่อม(ALS) นี้มี 3 ขั้นตอนคือ

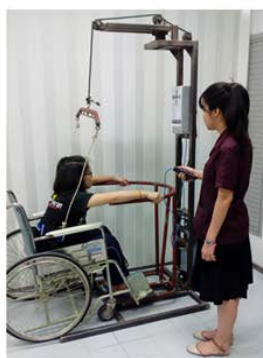
1) การทดสอบโดยใช้ตุ้มน้ำหนัก 2) การทดสอบโดยใช้อาสาสมัครและ 3) การทดสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหล ตามลำดับดังนี้

ก) การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานโดยใช้ตุ้มน้ำหนัก ขนาด 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 กิโลกรัม ทดสอบความแข็งแรงของโครงเหล็ก ดังนี้ 1) การทดสอบความแข็งแรงโครงเหล็กส่วนของการดึงและปล่อยตัวผู้ป่วย การทดสอบนี้เครื่องจะดึงตุ้มน้ำหนักแต่ละค่าและค้างไว้เป็นเวลา 60 วินาทีและปล่อยลงและ 2) การทดสอบความแข็งแรงของโครงเหล็กส่วนของแท่นยืนผู้ป่วย การทดสอบนี้ใช้ตุ้มน้ำหนักแต่ละค่าวางบนแท่นยืน สั่งการให้เครื่องหมุนจากมุม 0 องศาที่ 90 องศาและค้างไว้เป็นเวลา 60 วินาที หลังจากนั้นหมุนจากมุม 90 องศาไปที่มุม 0 องศาอีกครั้งดังแสดงวิธีการทดสอบในรูปที่ 10 ผลที่ได้ถูกบันทึกลงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

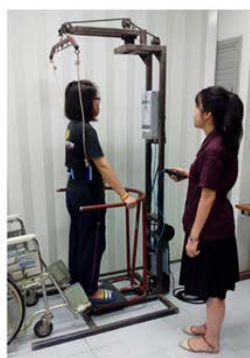


รูปที่ 10 วิธีการทดสอบความแข็งแรงโครงเหล็กและฟังก์ชันการทำงานของเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคเซลล์ประสาทสั่งการเสื่อม(ALS)โดยใช้ตุ้มน้ำหนัก

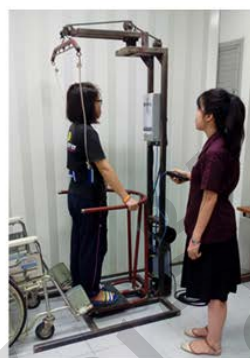
ข) การทดสอบโดยใช้อาสาสมัคร ขั้นตอนการทดสอบในส่วนนี้จะเหมือนกับหัวข้อ 3.2.2.5(ก) ทุกขั้นตอน เพียงแต่ใช้อาสาสมัครที่มีน้ำหนักตัวและความสูงต่างกันจำนวน 10 ราย ทดสอบความแข็งแรงของโครงเหล็กแทนค้ำน้ำหนักตัววิธีการทดสอบในรูปที่ 11 ผลที่ได้ถูกบันทึกลงในตารางที่ 3 และตารางที่ 4



อาสาสมัครนั่งบนรถเข็น สวมชุดผูกตัว เท้าวางบนแท่นอื่น มือทั้งสองข้างจับและใช้ข้อศอกดันคานเหล็กเล็กน้อย



เครื่องดึงตัวอาสาสมัครขึ้นมายู่ในตำแหน่งทำอินบนแท่นอื่นของเครื่อง และค้างไว้ 60 วินาที



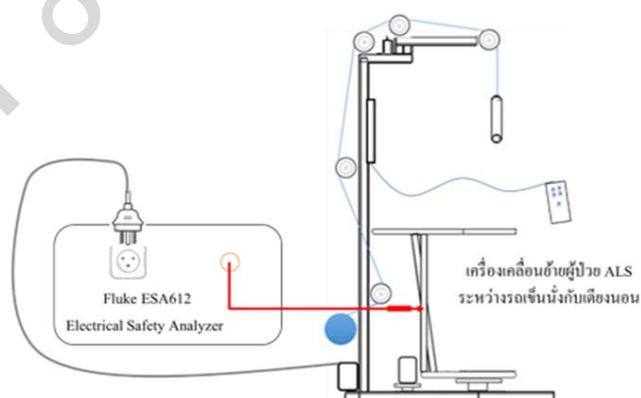
อาสาสมัครอยู่ในตำแหน่งทำอินที่มุม 0 องศา



อาสาสมัครถูกแทนที่ของเครื่องหมุนตัวมาที่มุม 90 องศา และค้างไว้ 60 วินาที

รูปที่ 11 วิธีการทดสอบความแข็งแรงโครงเหล็กของเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคเซลล์ประสาทสั่งการเสื่อม(ALS)โดยใช้อาสาสมัคร

ค) การทดสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลที่ตัวเครื่อง เนื่องจากเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วย ALS ที่ออกแบบและสร้างใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ 220V, 50Hz ในมาตรฐานของ IEC 60601-1 ได้กำหนดไว้คือเครื่องมือแพทย์ที่ออกแบบและสร้างใช้กับผู้ป่วยต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานด้านความปลอดภัยก่อนถึงนำไปใช้กับผู้ป่วยได้ ในมาตรฐานของ IEC 60601-1 ได้กำหนดค่าของกระแสไฟฟ้ารั่วไหลไว้คือไม่เกิน 500 μ A (บัญชี ลีสานิกาวรรณ, 2550) การตรวจวัดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลที่ตัวเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วย ALS นี้ใช้เครื่อง Fluke ESA612 Electrical Safety Analyzer (มีมาตรฐานรองรับ) วัดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลขณะปิดเครื่องและเปิดเครื่องใช้งาน ดังแสดงวิธีการตรวจวัดในรูปที่ 12 ผลที่ได้ถูกบันทึกลงในตารางที่ 5



รูปที่ 12 วิธีการตรวจวัดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลของเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคเซลล์ประสาทสั่งการเสื่อม(ALS) ด้วยเครื่อง Fluke ESA612 Electrical Safety Analyzer

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบเชิงคุณภาพโดยใช้ค้อนน้ำหนักทดสอบความแข็งแรงโครงเหล็กส่วนของการดึงและปล่อยตัวผู้ป่วยและผลทดสอบความแข็งแรงของโครงเหล็กส่วนของแท่นยืนหมุนตัวผู้ป่วยดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเชิงคุณภาพความแข็งแรงโครงเหล็กส่วนของการดึงและปล่อยตัวผู้ป่วยโดยใช้ค้อนน้ำหนัก 10 - 100 กิโลกรัม

ลำดับที่	ขนาดของค้อนน้ำหนัก (กิโลกรัม)	เวลาที่ดึงค้างไว้ (วินาที)	เกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของเครื่อง			
			ผลการดึงค้อนน้ำหนัก		ผลการดึงค้างไว้	
			ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	10	60	✓		✓	
2	20	60	✓		✓	
3	30	60	✓		✓	
4	40	60	✓		✓	
5	50	60	✓		✓	
6	60	60	✓		✓	
7	70	60	✓			✓
8	80	60	✓			✓
9	90	60	✓			✓
10	100	60	✓			✓

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเชิงคุณภาพความแข็งแรงโครงเหล็กส่วนของแท่นยืนหมุนตัวผู้ป่วยโดยหมุนค้อนน้ำหนัก 10 - 100 กิโลกรัม

ลำดับที่	ขนาดของค้อนน้ำหนัก (กิโลกรัม)	เวลาที่ดึงค้างไว้ (วินาที)	เกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของเครื่อง			
			ผลการหมุนค้อนน้ำหนัก		ผลการหยุดค้างไว้	
			ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	10	60	✓		✓	
2	20	60	✓		✓	
3	30	60	✓		✓	
4	40	60	✓		✓	
5	50	60	✓		✓	
6	60	60	✓		✓	
7	70	60	✓		✓	
8	80	60	✓		✓	
9	90	60	✓		✓	
10	100	60	✓		✓	

4.2 ผลการทดสอบเชิงคุณภาพโดยใช้อาสาสมัครที่มีน้ำหนักตัวและส่วนสูงต่างกันจำนวน 10 ราย ทดสอบความแข็งแรงโครงเหล็กส่วนของการดึงและปล่อยตัวผู้ป่วยและผลทดสอบความแข็งแรงของโครงเหล็กส่วนของแท่นยืนหมุนตัวผู้ป่วย ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเชิงคุณภาพความแข็งแรงของโครงเหล็กส่วนการดึงและปล่อยตัวผู้ป่วยโดยใช้อาสาสมัครจำนวน 10 รายที่มีน้ำหนักตัวและส่วนสูงต่างกัน

ลำดับที่	อาสาสมัคร		เวลาที่ดึงค้างไว้ (วินาที)	เกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของเครื่อง			
	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ส่วนสูง (เซตติเมตร)		ผลการดึงอาสาสมัคร		ผลการดึงค้างไว้	
				ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	49.2	153.5	60	✓		✓	
2	52.4	158.0	60	✓		✓	
3	53.9	159.3	60	✓		✓	
4	77.4	159.9	60	✓		✓	
5	53.8	150.0	60	✓		✓	
6	49.4	163.2	60	✓		✓	
7	49.0	167.6	60	✓		✓	
8	44.0	159.0	60	✓		✓	
9	71.2	158.5	60	✓		✓	
10	102.5	170.1	60		✓		✓

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบเชิงคุณภาพ ความแข็งแรงของโครงเหล็กส่วนแท่นยืนหมุนตัวผู้ป่วยโดยใช้อาสาสมัคร 10 รายที่มีน้ำหนักตัวและส่วนสูงต่างกัน

ลำดับที่	อาสาสมัคร		เวลาที่ดึงค้างไว้ (วินาที)	เกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของเครื่อง			
	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ส่วนสูง (เซตติเมตร)		ผลการหมุนตัวอาสาสมัคร		ผลการหยุดค้างไว้	
				ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	49.2	153.5	60	✓		✓	
2	52.4	158.0	60	✓		✓	
3	53.9	159.3	60	✓		✓	
4	77.4	159.9	60	✓		✓	
5	53.8	150.0	60	✓		✓	
6	49.4	163.2	60	✓		✓	
7	49.0	167.6	60	✓		✓	
8	44.0	159.0	60	✓		✓	
9	71.2	158.5	60	✓		✓	
10	102.5	170.1	60	✓		✓	

4.3 ผลการทดสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในเชิงปริมาณที่ตัวเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคเซลล์ประสาทสั่งการเสื่อม(ALS) ด้วยเครื่อง Fluke ESA612 Electrical Safety Analyzer ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในเชิงปริมาณของเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคเซลล์ประสาทสั่งการเสื่อม(ALS)ขณะเปิดและปิดเครื่องใช้งาน

ลำดับที่	ค่ากระแสไฟฟ้ารั่วไหลที่ตัวเครื่อง	
	ขณะเปิดเครื่อง (μA)	ขณะเปิดเครื่อง (μA)
1	183.00	390.80
2	182.00	408.50
3	182.80	410.30
4	182.30	412.20
5	182.50	412.10
6	182.60	414.10
7	181.80	414.00
8	181.60	415.00
9	179.90	416.00
10	182.30	418.00
Average	182.16	411.10

μA = Microampere

5. การอภิปรายผล

ผลการทดสอบเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคเซลล์ประสาทสั่งการเสื่อม(ALS) ระหว่างรุดเย็นนิ่งและเตียงนอนประกอบด้วย

5.1 ผลการทดสอบเชิงคุณภาพความแข็งแรงโครงเหล็กส่วนของการดึงและปล่อยตัวผู้ป่วยโดยใช้ตุ้มน้ำหนัก 10 - 100 กิโลกรัม (ตารางที่ 1) เครื่องสามารถดึงตุ้มน้ำหนักอย่างต่อเนื่องช่วง 10 - 100 กิโลกรัมได้และสามารถดึงและหยดน้ำหนักค้างไว้ได้ช่วง 10 - 60 กิโลกรัมสำหรับช่วงน้ำหนัก 70 -100 กิโลกรัมเครื่องไม่สามารถดึงค้างไว้ได้ ทำให้ตุ้มน้ำหนักเคลื่อนที่กลับมายังพื้นห้องเช่นเดิมเนื่องจากเฟืองทดรอบของมอเตอร์มีขนาดเล็กไม่สามารถล็อกเอาไว้ได้ในทางปฏิบัติการนำไปใช้งานจริงเมื่อดึงตัวผู้ป่วยอยู่ในตำแหน่งทำขึ้นแล้วจะไม่มีแรงดึงกลับมาเหมือนตุ้มน้ำหนัก ดังนั้นยอมรับได้

5.2 ผลการทดสอบเชิงคุณภาพความแข็งแรงโครงเหล็กส่วนของแท่นยืนหมุนตัวผู้ป่วยโดยหมุนตุ้มน้ำหนัก 10 - 100 กิโลกรัม (ตารางที่ 2) เครื่องสามารถหมุนตุ้มน้ำหนัก 10 - 100 กิโลกรัม จากมุม 0 องศาไปที่ 90 องศาและหยดค้างไว้ 60 วินาทีได้ หลังจากนั้นหมุนกลับจากมุม 90 องศาไปที่ 0 องศาอีกครั้งเครื่องสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

5.3 ผลการทดสอบเชิงคุณภาพความแข็งแรงของโครงเหล็กส่วนการดึงและปล่อยตัวผู้ป่วยโดยใช้อาสาสมัครจำนวน 10 รายที่มีน้ำหนักตัวและส่วนสูงต่างกัน (ตารางที่ 3) เครื่องสามารถดึงอาสาสมัครที่มีน้ำหนัก 71.2 กิโลกรัม และมีความสูง 158.5 เซนติเมตรรวมทั้งหยดค้างค่าน้ำหนักไว้ 60 วินาทีได้ เนื่องจากตัวอาสาสมัครอยู่ในตำแหน่งทำขึ้น

ไม่มีน้ำหนักจากตัวอาสาสมัครจึงระบบเพื่อเก็บข้อมูลของมอเตอร์ลงมายังพื้นห้อง (ในตารางที่ 1 ซึ่งให้เห็นว่าช่วงน้ำหนัก 70 – 100 กิโลกรัมเครื่องสามารถดึงค่าน้ำหนักนี้ได้แต่ไม่สามารถค้างค่าน้ำหนักไว้ได้) สำหรับอาสาสมัครที่มีน้ำหนักตัว 102.5 กิโลกรัมและมีความสูง 170.1 เซนติเมตรจำนวน 1 ราย เครื่องไม่สามารถดึงและค้างค่าน้ำหนักไว้ได้เนื่องจากตัวอาสาสมัครรายนี้มีขนาดใหญ่เกินไป เข็มขัดพยุงตัวผู้ป่วยของเครื่องไม่สามารถรัดเอวของตัวอาสาสมัครรายนี้ได้ดีพอ ทำให้เข็มขัดหลุดได้ง่ายส่งผลทำให้เครื่องไม่สามารถดึงตัวอาสาสมัครรายนี้ขึ้นได้

5.4 ผลการทดสอบเชิงคุณภาพ ความแข็งแรงของโครงเหล็กส่วนแทนขึ้นหมุนตัวผู้ป่วยโดยใช้อาสาสมัคร 10 รายที่มีน้ำหนักตัวและส่วนสูงต่างกัน ในตารางที่ 4 ซึ่งให้เห็นว่าเครื่องสามารถหมุนตัวอาสาสมัครที่มีน้ำหนัก 102.5 กิโลกรัมและมีความสูง 170.1 เซนติเมตร จากมุม 0 องศาที่ 90 องศาและหยุดค้างไว้ 60 วินาที หลังจากนั้นหมุนกลับจากมุม 90 องศาที่ 0 องศาอีกครั้งได้ รวมทั้งค่าน้ำหนักของอาสาสมัครที่น้อยกว่า 102.5 กิโลกรัมลงมา เครื่องสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

5.5 ผลการทดสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในเชิงปริมาณของตัวเครื่องขณะเปิดและปิดเครื่องใช้งาน (ตารางที่ 5) ซึ่งให้เห็นว่าตัวเครื่องมีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลเฉลี่ยขณะปิดเครื่องใช้งาน 182.16 μA และขณะเปิดเครื่องใช้งาน 411.10 μA สามารถยอมรับได้เนื่องจากอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานของ IEC 60601-1 (ไม่เกิน 500 μA)

6. บทสรุป

การออกแบบและสร้างเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง(ALS)นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง(ALS)ระหว่างรถเข็นนั่งและเตียงนอน(เครื่องต้นแบบ) ใช้งานได้ที่น้ำหนักตัวสูงสุด 100 กิโลกรัมและความสูง สูงสุด 170 เซนติเมตร ใช้งานง่าย ปลอดภัย ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ดูแลหลายคน

6.1 ระบบการทำงานของเครื่องประกอบด้วย 1) ระบบวงจรไฟฟ้าควบคุม ซึ่งประกอบด้วย สวิตช์ปุ่มกดวงจรจับ สวิตช์จำกัดมุมมองฯ หลอด แอล อี ดี แสดงผล บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 และ โปรแกรมภาษา C และ 2) ระบบแมคคานิคทำหน้าที่ดึงหรือปล่อยและหมุนตัวผู้ป่วย ประกอบด้วยโครงเหล็ก ตัวรถ เชือกดึง และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องประกอบด้วย 1) ผลการทดสอบในเชิงคุณภาพโดยให้เครื่องยกและหมุนค้ำน้ำหนัก (ช่วง 10 -100 กิโลกรัม) เครื่องทำงานได้เป็นไปตามการออกแบบไว้ 2) ผลการทดสอบในเชิงคุณภาพโดยให้เครื่องยกและหมุนตัวอาสาสมัครที่มีน้ำหนักและความสูงต่างกัน เครื่องสามารถทำงานได้เป็นไปตามการออกแบบไว้และ 3) ผลการทดสอบกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในเชิงปริมาณ ขณะปิดและเปิดเครื่องใช้งานสามารถยอมรับได้เนื่องจากอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานของ IEC 60601-1 ที่ได้กำหนดคือไม่เกิน 500 μA ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การออกแบบและสร้างเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง(ALS) ระหว่างรถเข็นนั่งและเตียงนอน จากผลการทดสอบเชิงคุณภาพในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4 ซึ่งให้เห็นว่าเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง(ALS) นี้ใช้งานได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

6.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง(ALS) นี้คือทำให้เครื่องมีขนาดเล็กลง มีความสวยงาม และควรเพิ่มขนาดของเข็มขัดพยุงตัวผู้ป่วยให้ยาวมากขึ้นใช้สำหรับรัดและพยุงตัวผู้ป่วย

ที่มีขนาดเอวกว้าง ควรพัฒนาให้สามารถใช้กับผู้ป่วยได้จริง (ในงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบไม่สามารถนำไปใช้จริงกับผู้ป่วยได้ต้องผ่านการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น)

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยรังสิตที่ให้ความรู้เกี่ยวกับการช่วยเหลือ ดูแล เคลื่อนย้ายและฟื้นฟูผู้ป่วยที่เป็น โรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กองวิศวกรรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขที่ให้คำแนะนำและให้ความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานด้านความปลอดภัยทางด้านไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือแพทย์และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยรังสิตที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย สถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ในการออกแบบและสร้างเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคเซลล์ประสาทสั่งการเสื่อม(ALS) ระหว่างรถเข็นนั่งและเตียงนอนจนสำเร็จลุล่วงได้

8. เอกสารอ้างอิง

- บัญชา ลีลานิกาวรรณ. (2550). มาตรฐานทางด้านการไฟฟ้าเกี่ยวกับเครื่องมือแพทย์.กองวิศวกรรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ.
- โรค Amyotrophic Lateral Sclerosis. สืบค้น 21 สิงหาคม 2559, จาก <http://www.xn--12cg1cxchd0a2gzc1c5d5a.net/als/>
- โรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง MG – ALS. สืบค้น 11 ตุลาคม 2559, จาก <https://health.kapook.com/view1703.html>
- วิธีสังเกตอาการโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง. สืบค้น 2 กันยายน 2560, จาก <http://www.manager.co.th/qol/viewnews.aspx?newsid=9600000042622>
- เอกชัย มะการ. (2552). เรียนรู้ เข้าใจ ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino, กรุงเทพฯ: บริษัทอิตีที จำกัด.
- โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2552). การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C.พิมพ์ครั้งที่1.กรุงเทพฯ:บริษัทซีเอ็ดดูเคชั่นจำกัด (มหาชน).
- Caroline Ingre. (2015). Risk factors for amyotrophic lateral sclerosis. Retrieved February 16, 2016, from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4334292/>
- Matthew C Kiernan, Steve Vucic. (2011). Amyotrophic lateral sclerosis (Seminar). Retrieved February 22, 2016, from: [http://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736\(10\)61156-7.pdf](http://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736(10)61156-7.pdf)
- Piera Pasinelli, Robert H. Brown. (2006). Molecular biology of amyotrophic lateral sclerosis: insights from genetics. Retrieved February 22, 2016, from: https://www.amherst.edu/media/view/301566/original/ALS_Pasinelli_NatureRevsNeuro2006.pdf
- Sara Zarei. (2015). A comprehensive review of amyotrophic lateral sclerosis. Retrieved February 16, 2016, from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4653353/>
- W. Durfee. (2011). Arduino Microcontroller Guide. Retrieved February 16, 2016, from: <http://www.me.umn.edu/courses/me2011/arduino/arduinoGuide.pdf>