



รถจักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน electric bicycle driven by brushless DC motor

ฐิติกร ปิ่นดอกไม้¹ ฤทธิย์ ปิ่นงาม¹ ณัฐพล แตนประสาธ¹
วีระพล พลีสัตย์² อิทธิพล เหลลาพรม² และรุ่งโรจน์ สงวนวัฒนา³
Titikon Pindokmai¹ Harit pringam¹ Natthaphon Danprasat¹
Weeraphon Plesat² Ittipon Laoprom² and Rungroj Sanguanwatana³

¹นักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
²อาจารย์โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
³นักวิชาการศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน สำหรับการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า 2 ล้อเพื่อการเดินทางในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดแรงดันไฟฟ้า 24/48 โวลต์ กำลังไฟฟ้าที่ 350 วัตต์ ที่มีการควบคุมความเร็วรอบด้วยไอซี MC33033 พบว่าการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านสามารถควบคุมได้เป็นอย่างดี โดยมีการทำงานของสวิตซ์ทั้ง 6 ตัวโดยไม่เกิดการลัดวงจร ซึ่งรถจักรยานไฟฟ้าที่สร้างขึ้นสามารถรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 120 กิโลกรัม สามารถวิ่งได้ในทางเรียบและทางลาดชัน ทั้งนี้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านมีคุณสมบัติเหมาะสมกับการนำไปใช้งานทำรถจักรยานไฟฟ้า

คำสำคัญ: มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน/ การควบคุมความเร็วรอบด้วยไอซี MC33033

Abstract

This project aims to study the operation of a brushless DC motor. for driving a 2-wheel electric train for traveling in Kamphaeng Phet Rajabhat University By choosing a DC electric motor with a voltage of 24/48 volts, power at 350 watts with a speed control IC MC33033 found that the speed control of a brushless DC motor can be controlled. well controlled with the operation of all 6 switches without a short circuit. which the electric bicycle built can support the weight of not more than 120 kg, can run on smooth and steep slopes The brushless DC motor is suitable for use in making electric bicycles.

Keywords: Brushless DC Motor / speed control IC MC33033

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันความต้องการลดใช้พลังงานจากฟอสซิลนั้นมีความต้องการที่จะลดพลังงานเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะต่าง ๆ เช่น รถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล รถบรรทุกสินค้า และ เรือเดินสมุทร เป็นต้น ซึ่งปัญหาจากมลภาวะของของเสียจากยานพาหนะที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดฟอสซิล เป็นปัจจัยในการสร้างปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม รวมถึงมีแนวโน้มของราคาที่มีสูงขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นจึงทำให้มีการพัฒนา ยานพาหนะที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อเป็นการทดแทนพลังงานจากฟอสซิล

ซึ่งยานพาหนะในปัจจุบันนั้นมีมากมายหลากหลายรูปแบบและนับเป็นปัจจัยที่สำคัญของมนุษย์อย่างมาก โดยยานพาหนะที่มีใช้กันมากที่สุด คือรถจักรยานยนต์และรถจักรยานยนต์ซึ่งพาหนะเหล่านี้ล้นแล้วแต่มีความจำเป็นต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อให้ยานพาหนะสามารถขับเคลื่อนไปได้และการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นยังก่อให้เกิดไอเสียและเป็นมลภาวะทางอากาศอีกด้วย แต่การใช้รถไฟฟ้านั้น ระบบขับเคลื่อนหลักคือมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้าที่ซ้มาใช้จะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current motor) ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะมีอาร์เมเจอร์เป็นตัวหมุน (Rotor) และสนามแม่เหล็กเป็นตัวอยู่กับที่ (Stator) ซึ่งจะอาศัยแปรงถ่านและมีซี่คอมมิวเต-



เตอร์ซึ่งจะเกิดการคอมมิวเตชันทางกล (Commutation mechanical) มีข้อเสีย คือจะจากการเสียดสีทำให้เกิดความร้อน การสีกหรือ และการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic interference) ทำให้มอเตอร์มีจุดด้อยในการใช้งานสำหรับการใช้เป็นตัวขับเคลื่อนกำลังของยานพาหนะที่ใช้พลังงานไฟฟ้า

โดยในปัจจุบันการพัฒนาของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้มีการพัฒนามอเตอร์ชนิดแบบไร้แปรงถ่าน (Brushless dc motor) ซึ่งอาร์เมเจอร์จะเป็นตัวอยู่กับที่และสนามแม่เหล็กจะเป็นตัวหมุน โดยใช้ตัวตรวจจับ (sensor) เพื่อตรวจจับตำแหน่งสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์ ซึ่งขบวนการของคอมมิวเตชันจะเป็นแบบระบบอิเล็กทรอนิกส์ (Commutation electronically) มีข้อดี คือ ไม่จำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาแปรงถ่าน (Maintenance free) และซีคอมมิวเตเตอร์และยังมีข้อดีที่กว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบดั้งเดิม ในเรื่องของคุณสมบัติแรงบิดกับความเร็ว มีการตอบสนองทางพลวัตเร็วและประสิทธิภาพการทำงานสูงจากคุณลักษณะที่ดีของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านที่มีมากกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแปรงถ่าน (ชูเกียรติ คีรี, 2558 ; เม็ดทราย สมบุญ ชัญญา บัวใหญ่ และ ธรรมณนต์ พุงคาโน, 2560)

ซึ่งในการออกแบบชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านนั้นใช้ไอซี MC33033 ซึ่งเป็นไอซีสำเร็จรูปสำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน โดยอาศัยหลักการตรวจสอบตำแหน่งของโรเตอร์จากเซนเซอร์ตรวจสอบตำแหน่งของโรเตอร์ และทำการสร้างสัญญาณขับสวิตซ์จำนวน 6 สัญญาณให้ภายใน โดยไม่จำเป็นต้องเขียนโปรแกรม เพื่อการประยุกต์ใช้งานมอเตอร์ตามความต้องการได้อย่างรวดเร็ว จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้จัดทำโครงการได้พบว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านนั้นมี ข้อดีมากกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแปรงถ่าน ผู้จัดทำโครงการจึงได้เลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านสำหรับการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านด้วยไอซี MC33033 สำหรับการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า 2 ล้อ และแก้ไขปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

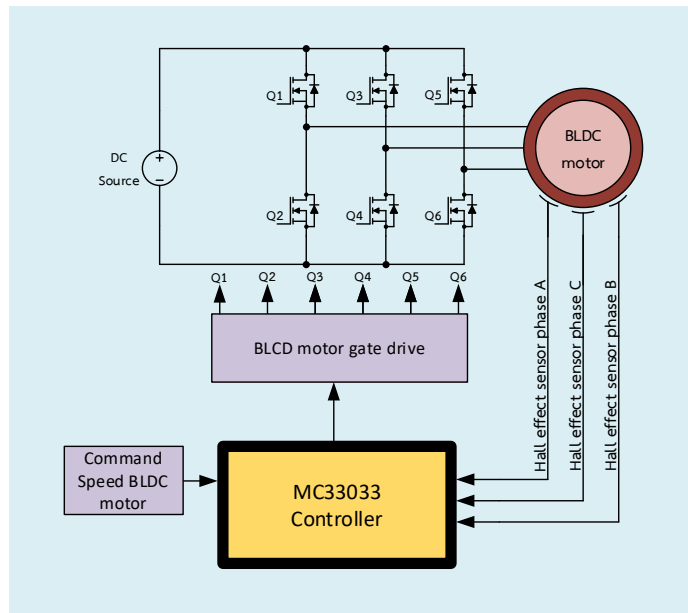
1. เพื่อสร้างรถจักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน
2. เพื่อศึกษาการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านด้วยไอซี MC33033 สำหรับการขับเคลื่อนรถจักรยานไฟฟ้า

ขอบเขตงานวิจัย

1. รถจักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านสามารถบรรทุกน้ำหนักได้ไม่เกิน 120 กิโลกรัม
2. รถจักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านใช้ไอซี MC33033 สำหรับการควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน

กรอบแนวคิดการวิจัย

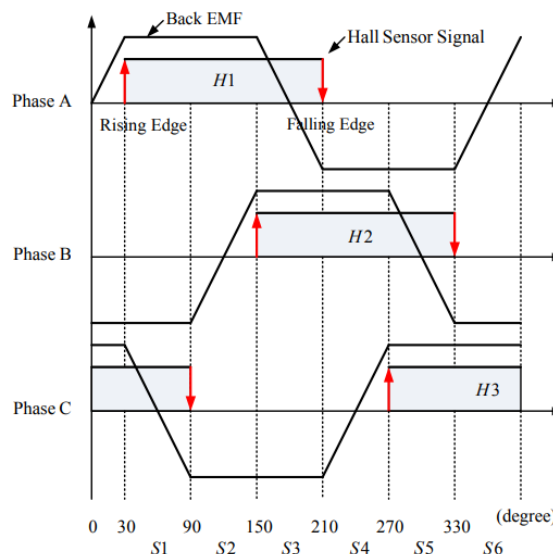
สำหรับกรอบแนวคิดในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน ผู้วิจัยได้มีแนวคิดที่จะจัดทำชุดควบคุมให้มีความง่ายที่สุด โดยปัจจุบันการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านมีการใช้ตัวควบคุมที่เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์จำเป็นที่จะต้องเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานให้มีการทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนด ทั้งนี้เพื่อให้การสร้างชุดควบคุมมอเตอร์มีความง่ายโดยไม่จำเป็นต้องเขียนโปรแกรม ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้ไอซี MC33033 ซึ่งเป็นไอซีสำเร็จรูปสำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านได้ โดยกรอบแนวคิดของการวิจัยสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการทำงานของรถจักรยานไฟฟ้า

วิธีดำเนินการวิจัย

โดยวิธีการดำเนินการได้เริ่มจากการศึกษาทฤษฎีการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน โดยการทำงานของมอเตอร์ คือ มอเตอร์จะหมุนได้โดยการสับสวิตซ์ขั้วอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด 6 ตัว เพื่อเป็นการสับเปลี่ยนกระแสที่ไหลเข้าในขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์ ซึ่งสวิตซ์ทั้ง 6 ตัวของมอเตอร์จะมีตัวตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ ซึ่งโดยปกติมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านจะใช้ตัวตรวจจับชนิดฮอลล์เอฟเฟคจำนวน 3 ตัว และวางห่างกันที่ 120 องศาทางไฟฟ้า โดยมีการทำงานร่วมกับสวิตซ์ (S1-S6) ตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์จากแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำป้อนกลับ (Back emf) และสัญญาณจากตัวตรวจจับชนิดฮอลล์เอฟเฟคแสดงได้ดังภาพที่ 2 และตำแหน่งการทำงานของสวิตซ์สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1



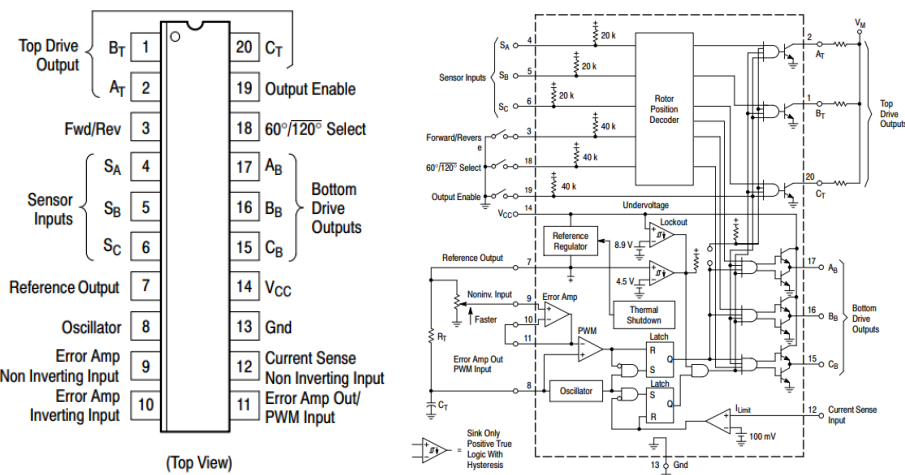
ภาพที่ 2 แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำป้อนกลับและสัญญาณตัวตรวจจับชนิดฮอลล์เอฟเฟค
(ที่มา: ดนุพล คำปัญญา, 2558)



ตารางที่ 1 ลำดับสำหรับการสับสวิชต์เปลี่ยนกระแสเฟส

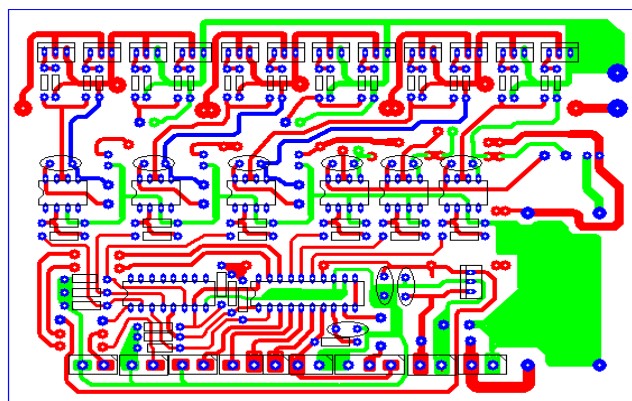
Directions	Switching Sector					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Forward	A ⁺ B ⁻	A ⁺ C ⁻	B ⁺ C ⁻	B ⁺ A ⁻	C ⁺ A ⁻	C ⁺ B ⁻
Reward	B ⁺ A ⁻	C ⁺ A ⁻	C ⁺ B ⁻	A ⁺ B ⁻	A ⁺ C ⁻	B ⁺ C ⁻

จากการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านจำเป็นต้องมีตัวควบคุมการทำงานเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน ซึ่งจากสมมุติฐานได้เลือกใช้ไอซี MC33033 สำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน โดยการต่อใช้งานของไอซี MC33033 สามารถดูได้จาก data sheet ของ MC33033 ซึ่งสามารถดูได้จากภาพที่ 3

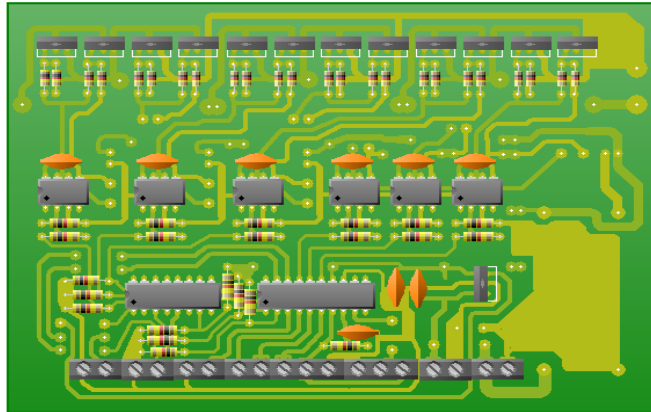


ภาพที่ 3 วงจรของแผ่นปริ้นสำหรับการขับเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน
(ที่มา: วิษณุ ทองสัมฤทธิ์ และทศพล ทั้งรอด, 2552)

ทั้งนี้จากการต่อใช้งานไอซี MC33033 สามารถออกแบบวงจรให้เป็นวงจรสำหรับการใช้งานสำหรับทำแผ่นปริ้นได้ดังภาพที่ 4 และ 5 ซึ่งภาพที่ 4 เป็นลายวงจรสำหรับนำไปทำแผ่นปริ้นเพื่อลงอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยอุปกรณ์สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5 ซึ่งจากภาพที่ 4 และ 5 เป็นการรวมวงจรควบคุมและวงจรถูกกำลังอยู่ในแผ่นปริ้นแผ่นเดียว ซึ่งการต่อใช้งานสายสัญญาณต่าง ๆ สามารถอธิบายการต่อได้ดังนี้คือ สายสัญญาณตัวตรวจจับฮอลล์เฟดต่อที่ขาสัญญาณ 4-5 โดยเรียงจากเฟส A B และ C ตามลำดับ ส่วนสัญญาณขับเคลื่อนขั้วต่อจากขา 1 2 และ 20 สัญญาณขับเคลื่อนขั้วต่อกลางต่อจากขา 17 16 15 โดยเรียงตามลำดับ A B และ C ความถี่ในการสวิตช์กำหนดจากค่า R และ C ที่ขา 7 และ 8 ซึ่งสัญญาณอื่น ๆ สามารถดูภาพที่ 3 ประกอบได้



ภาพที่ 4 วงจรของแผ่นปริ้นสำหรับการขับเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน



ภาพที่ 5 ลายวงจรเสมือนจริงสำหรับการขับเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จำนวน 4 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. Oscilloscope สำหรับวัดรูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้า
2. แอมป์มิเตอร์สำหรับการวัดกระแสไฟฟ้า

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้วิธีการบันทึกค่าลงในตารางที่ 1 การทดลองภาระโหลดกับกระแส
2. การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้วิธีการบันทึกค่าลงในตารางที่ 2 การทดลองภาระโหลดกับความเร็วสูงสุดและการชาร์ตไฟ 1 ครั้ง
3. การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้วิธีการบันทึกค่าลงในตารางที่ 3 การเปรียบเทียบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านและแบบมีแปรงถ่าน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้ข้อมูลจากตารางที่ 1 2 และ 3 สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

สรุปผลการวิจัย

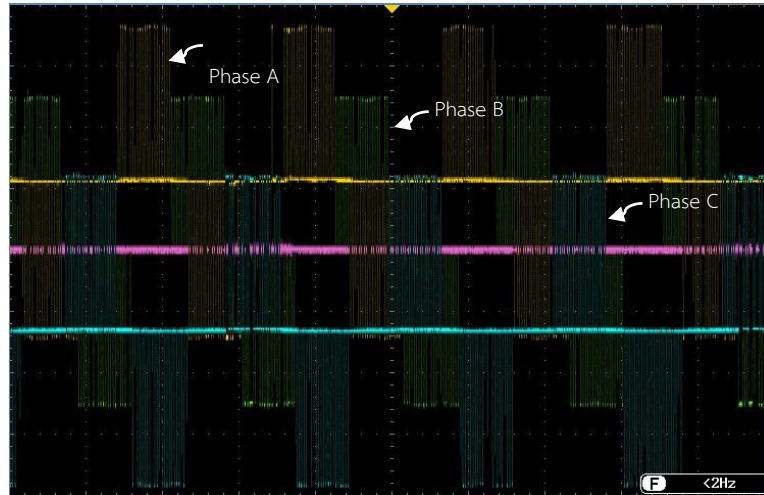
การสร้างรถจักรยานไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน (Brushless DC Motor) แบบ 2 ล้อ มีกำลังขับเคลื่อนที่ 36-48 โวลต์ 350 วัตต์ ใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์/32 Ah จำนวน 4 ลูก ซึ่งมีแรงบิดที่ดี สามารถเพิ่มความเร็วหรือลดความเร็วได้โดยการบิดคันเร่งและผ่อนคันเร่ง ผ่านการเขียนคำสั่งต่าง ๆ ลงไปในไอซี MC33033 และส่งคำสั่งต่าง ๆ ดังกล่าวนั้นไปยังชุดควบคุมและขับมอสเฟต (Mosfets) ให้ไปสั่งการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และจากผลการทดสอบการทำงานของรถจักรยานไฟฟ้าสามารถควบคุมให้มีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า โดยรับคำสั่งจากการบิดคันเร่งส่งไปยังชุดควบคุมการทำงานเพื่อที่จะใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งความเร็วของรถจักรยานไฟฟ้านั้นจะขึ้นอยู่กับภาระโหลดหรือน้ำหนักรวม (น้ำหนักรถบวกน้ำหนักคนขับ) สามารถขับได้ทั้งทางราบเรียบ (แนวระนาบ) และทางลาดชัน (แนวลาดเอียง) โดยสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. การทดลองสัญญาณวงจรควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน

พบว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างภาควจรควบคุมและภาควจรกำลังโดยที่มอเตอร์มีความเร็วรอบที่ดีและสามารถรองรับภาระของโหลดได้เป็นอย่างดี ซึ่งการทำงานของสัญญาณของแต่ละเฟส จะต้องไม่ทำงานพร้อมกันเพราะถ้าเกิดการทำงานพร้อมกันจะทำให้เกิดการช็อตที่แต่ละเฟสได้และสัญญาณการทำงานของสวิตซ์แต่ละเฟสที่จะต้องไม่ชนกันระหว่างกึ่งล่างและกึ่งบนของสวิตซ์แต่ละกึ่งของวงจร ซึ่งการทดลองวัดสัญญาณสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 6 – 7

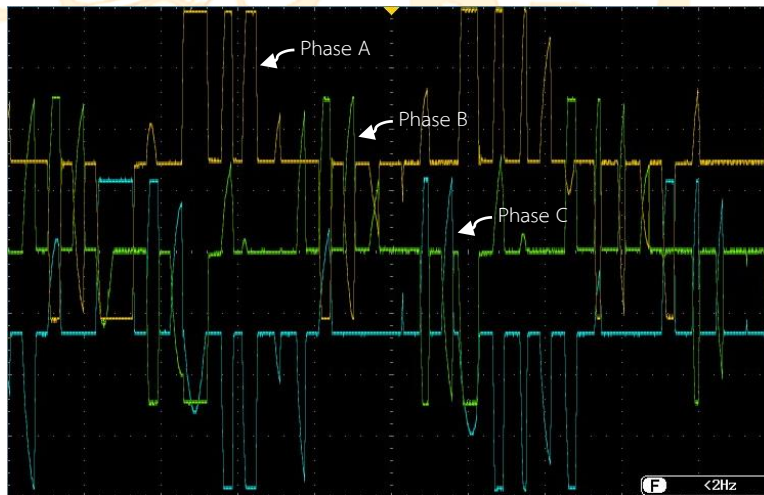


โดยภาพที่ 6 แสดงสัญญาณการสวิตช์ของสวิตช์ทั้ง 6 ตัว ซึ่งจากสัญญาณแสดงให้เห็นว่าการทำงานของสวิตช์แต่ละกิ่งทำงานห่างกันที่ 120 องศาทางไฟฟ้า และสวิตช์แต่ละเฟสทำงานได้อย่างถูกต้องโดยสวิตช์ของแต่ละเฟสไม่ทำงานพร้อมกัน

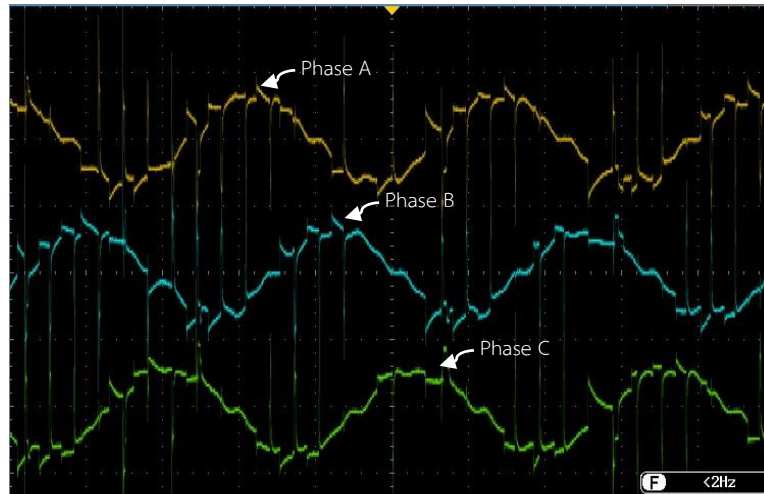


ภาพที่ 6 สัญญาณการทำงานสวิตช์สำหรับการขับเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน

สำหรับภาพที่ 7 และ 8 แสดงสัญญาณกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน ซึ่งจากสัญญาณแสดงให้เห็นว่าสัญญาณกระแสและแรงดันไฟฟ้าห่างกันที่ 120 องศาทางไฟฟ้า ตามสัญญาณการสวิตช์จากภาพที่ 6



ภาพที่ 7 สัญญาณกระแสไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน



ภาพที่ 8 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน

2. การทดลองภาระโหลดกับกระแส

การทดลองภาระโหลด (น้ำหนักกรณ+น้ำหนักคนขับ) การทดลองภาระโหลดที่รับมี 4 ระดับ ประกอบด้วยภาระโหลดที่น้ำหนัก 120 กิโลกรัม 110 กิโลกรัม 80 กิโลกรัม และ 62 กิโลกรัม เพื่อหาค่ากระแสที่ใช้ไปในแต่ละประเภท ซึ่งมีการวัดค่ากระแส 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การทดลองภาระโหลดกับกระแส

การรับภาระ โหลดที่น้ำหนัก (kg)	กระแสที่ เริ่มต้น (A)	กระแสคงที่ (A) ความเร็ว 10 km	กระแสคงที่ (A) ความเร็ว 20 km	กระแสคงที่ (A) ความเร็ว สูงสุด	ทางลาดชัน (A) 15 องศา	ทางลาดชัน (A) 20 องศา
120	19.93	10.58	11.64	12.87	12.27	13.34
110	12.94	10.35	11.64	12.66	11.71	12.48
80	13.59	10.29	11.44	12.47	11.66	12.44
70	12.89	10.68	11.32	12.13	11.59	12.58

จากตารางที่ 2 จากการทดลองในรูปแบบต่างๆ จะเห็นว่าภาระโหลด (น้ำหนักกรณ+น้ำหนักคนขับ) ที่มากจะมีผลกับกระแสที่ใช้มากตามไปด้วย เนื่องจากการเกิดการเสียดทานระหว่างล้อรถกับพื้นถนนที่มากทำให้มีการใช้กระแสที่สูงขึ้น

3. การทดลองภาระโหลดกับความเร็วสูงสุดและการชาร์ตไฟ 1 ครั้ง

การทดลองภาระโหลด (น้ำหนักกรณ+น้ำหนักคนขับ) การทดลองภาระโหลดที่รับมี 4 ระดับ เพื่อหาค่าความเร็วสูงสุดของภาระโหลดและระยะทางที่ได้ต่อการชาร์ตแบตเตอรี่ 1 ครั้ง โดยทำการทดลองภาระโหลดละ 3 ครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การทดลองภาระโหลดกับความเร็วสูงสุดและการชาร์ตไฟ 1 ครั้ง

การรับภาระโหลดที่น้ำหนัก (kg)	ความเร็วสูงสุด (km)	ระยะทางต่อการชาร์ต 1 ครั้ง
120	23	7.60 km
110	25	12.25 km
80	30	26.20 km
70	32	31.60 km



จากตารางที่ 3 จะพบว่าภาระโหลดที่มากจะทำให้ความเร็วน้อยและระยะทางที่ได้ต่อการชาร์ต 1 ครั้ง น้อยตามไปด้วย แต่เมื่อภาระโหลดที่น้อยลงความเร็วที่ได้จะเพิ่มขึ้นและระยะทางที่ได้ต่อการชาร์ต 1 ครั้ง จะเพิ่มตามไปด้วย

4. การเปรียบเทียบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านและแบบมีแปรงถ่าน โดยที่มีภาระโหลดที่ 80 กิโลกรัม ได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านและแบบมีแปรงถ่าน

มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง ขนาด 350 วัตต์	กระแส ที่เริ่มต้น (A)	กระแส คงที่ (A) ความเร็ว 10 km	กระแส คงที่ (A) ความเร็ว 20 km	กระแส คงที่ (A) ความเร็ว สูงสุด	ความเร็ว สูงสุด (km)	ทางลาด ชัน องศา	ทางลาด ชัน องศา	ระยะทาง ต่อการ ชาร์ต 1 ครั้ง (km)
แบบไร้แปรงถ่าน	19.93	10.29	11.44	12.47	30	11.66	12.44	26.20
แบบมีแปรงถ่าน	39	11.58	12.64	19.93	32	12.27	13.34	22.30

จากตารางที่ 4 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 2 แบบ คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน โดยจะพบว่ามอเตอร์ไฟฟ้าแบบไร้แปรงถ่านจะมีประสิทธิภาพการใช้ค่ากระแสที่ต่ำกว่าและระยะทางที่ได้มากกว่าต่อการชาร์ต 1 ครั้ง แต่เรื่องความเร็วสูงสุดจะช้ากว่า

โดยรถจักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านที่ใช้ไอซี MC33033 เป็นชุดควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ 350 วัตต์ ซึ่งใช้แรงดันจากแบตเตอรี่ที่ 48 โวลต์ มีการบรรจุน้ำหนักไม่เกิน 120 กิโลกรัม และใช้บอร์ดวงจรการควบคุมจากภาพที่ 5 สำหรับในงานวิจัยในครั้งนี้สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 รถจักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาและทดลองรถจักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน ขนาด 36/48 โวลต์ 350 วัตต์ จากแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์/ 7 Ah จำนวน 4 ลูก จากการทดสอบการสร้างสัญญาณนำขับสวิตช์ โดยการวัดสัญญาณด้วย Oscilloscope พบว่ามีสัญญาณที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างภาควงจรควบคุมและภาควงจรถูกกำลัง โดยมอเตอร์สามารถปรับความเร็วรอบที่ดี ส่วนการ



ทดลองการขับเคลื่อนรถจักรยานไฟฟ้าที่มีค่ากระแสในขณะสตาร์ทที่สูง และจะมีค่ากระแสที่ลดลงหลังจากรถเคลื่อนที่
ไปได้สักระยะ โดยที่ภาระโหลดหรือน้ำหนักรวมจะมีผลกับกระแสที่ใช้และความเร็ว ซึ่งน้ำหนักรวมมากกระแส
ในขณะสตาร์ทจะสูง ความเร็วสูงสุดจะลดลง การใช้พลังงานจะสูงทำให้ระยะทางที่ได้ลดน้อยลง ทั้งนี้การใช้งานไอซี
MC33033 สามารถควบคุมการขับเคลื่อนรถไฟฟ้าที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านได้เป็นอย่างดี ซึ่ง
รถจักรยานไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านสามารถจะใช้งานได้จริงและสามารถให้
ประสิทธิภาพที่ดีในเรื่องของแรงบิดออกตัว แต่อย่างไรก็ตามในเรื่องของแบตเตอรี่ควรต้องเปลี่ยนไปใช้เป็นแบบลิ
เทียมเพื่อการใช้งานที่ยาวนานและได้ระยะทางที่ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรเปลี่ยนเป็นแบตเตอรี่ชนิดลิเทียม
2. ควรติดตั้งระบบการแจ้งเตือนสำหรับการจราจรให้มีความชัดเจน
3. ควรมีแบตเตอรี่สำรองในการใช้งานเพื่อให้การใช้งานมีการต่อเนื่องจากการที่แบตเตอรี่ถูกนำไป

ชาร์จ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรเลือกขนาดมอเตอร์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อเพิ่มปริมาณการบรรทุกสำหรับการใช้ประโยชน์ที่
มากขึ้น
2. ควรหาเทคนิคหรือวิธีการควบคุมมอเตอร์ด้วยวิธีการสวิตซ์โดยไร้การตรวจจับจากเซนเซอร์ เช่น
การใช้สัญญาณป้อนกลับจากแรงดันไฟฟ้าป้อนกลับแทนตัวตรวจจับของฮอลล์เอฟเฟค

เอกสารอ้างอิง

- دننพล คำปัญญา. (2558). การปรับแต่งตัวควบคุม PID อย่างเหมาะสมด้วยการค้นหาแบบกระแสเชิงเข้มข้น
สำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน. ปรินญาดุขฎฐิบัณฑิต สาขา
วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน.
- ชูเกียรติ คีรี. (2558). การออกแบบตัวควบคุม PID/PI อย่างเหมาะสมสำหรับควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
แบบไร้แปรงถ่านโดยใช้การค้นหาแบบนกกาเหว่า. ปรินญาดุขฎฐิบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบัน
เทคโนโลยีปทุมวัน.
- เม็ดทราย สมบุญ ชันญา บัวใหญ่ และ ธรศนภนต์ ทุ่งคาโน. (2560). ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน. ปรินญาณิพนธิวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะ
วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยบูรพา.
- วิชญ์ ทองสัมฤทธิ์ และทศพล ทั้งรอด. (2552). รถจักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วย Brushless DC Motor 2 ตัว.
ปรินญาณิพนธิครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าพระนครเหนือ.