การพัฒนาชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับแบบประหยัดเพื่อติดตั้งในจักรยาน
Prototyping Development of Low Cost Motor Assisted Biking Kit for Installing in a Bicycle

ผศ.ดร. อนันต์ชัย อยู่แก้ว, กิตติคุณ สุอรุณ, วัชระ เชื้อวงษ์ดี, โอฬาร วงศาโรจนะกุล
ศูนย์วิจัยและพัฒนานวัตกรรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

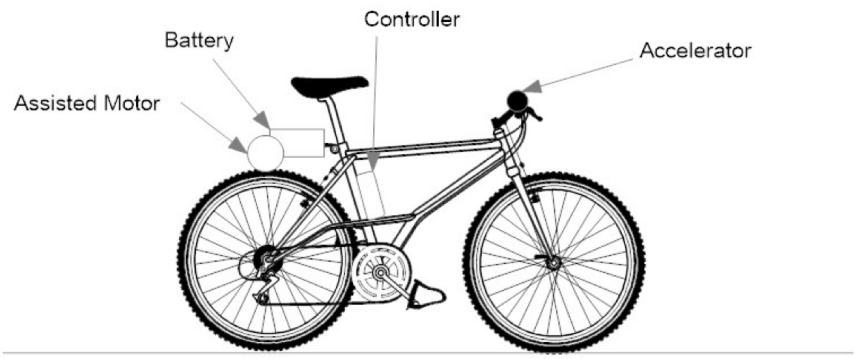
บทคัดย่อ

การออกกำลังกายโดยการขี่จักรยานถือว่าเป็นทางเลือกหนึ่งที่กำลังได้รับการรณรงค์เพิ่มมากขึ้นทั่วประเทศ เนื่องจากเป็นการเสริมสร้างสุขภาพที่ดีต่อผู้ขี่จักรยาน อย่างไรก็ตามการขี่จักรยานเพื่อออกกำลังกายมีข้อจำกัดสำหรับกลุ่มบุคคลบางประเภท ได้แก่ ผู้สูงอายุและผู้เป็นโรคบางประเภทที่ทำให้ไม่สามารถออกกำลังกายได้เป็นระยะเวลานานหรือใช้กำลังมากได้ โดยเมื่อขี่จักรยานอาจเกิดความเมื่อยล้าและมีความเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายฉับพลัน จึงมีความจำเป็นที่ควรมีอุปกรณ์ที่สามารถติดตั้งเพื่อช่วยในการผ่อนแรงหรือช่วยขับขี่เพื่อช่วยลดความเหนื่อยล้าจากการขี่จักรยานได้ ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาชุดต้นแบบมอเตอร์ช่วยขับโดยให้สามารถติดตั้งได้กับจักรยานทั่วไปเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้ทั่วถึง โดยออกแบบให้มีน้ำหนักเบาและใช้งบประมาณในการออกแบบที่ไม่สูง รวมทั้งต้องสร้างความสะดวกสบายในการใช้งานและมีความปลอดภัยสำต่อผู้ขี่จักรยานเพื่อออกกำลังกายในกระบวนการพัฒนาชุดอุปกรณ์มอเตอร์ช่วยขับดังกล่าวจะประกอบไปด้วย 3 กระบวนการหลัก ได้แก่ การออกแบบเชิงหลักการ การสร้างและติดตั้งชุดอุปกรณ์ และการทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์ สำหรับกระบวนการออกแบบเชิงหลักการนั้น ได้กำหนดข้อมูลจำเพาะของชุดอุปกรณ์ติดตั้งอาศัยการคำนวณตามหลักการทางวิศวกรรมเพื่อออกแบบระบบกลไก และเพื่อกำหนดขนาดแบตเตอรี่และกำลังของมอเตอร์ พร้อมทั้งร่างแบบชุดอุปกรณ์ โดยชุดอุปกรณ์ติดตั้งจะใช้การติดตั้งแบบอาศัยแรงเสียดทานระหว่างเพลาขับและล้อของมอเตอร์ จากนั้นได้ทำการจัดซื้ออุปกรณ์เพื่อใช้ในการสร้างชิ้นส่วนซึ่ง ประกอบไปด้วยมอเตอร์ แบตเตอรี่ และสร้างชุดจับยึดกับจักรยานและเพลาขับแรงเสียดทาน รวมทั้งชุดสวิตซ์ขับเคลื่อน และระบบวงจรควบคุมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นได้ทำการทดสอบการกลไกทำงานของชุดอุปกรณ์มอเตอร์ช่วยขับก่อนติดตั้ง และเมื่อติดตั้งแล้วได้ทำการทดสอบการขับขี่ พร้อมทำการปรับปรุงเพื่อให้สามารถใช้งานได้จริง และสามารถใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาชุดอุปกรณ์ติดตั้งมอเตอร์ช่วยขับเพื่อช่วยเพิ่มความสะดวกและปลอดภัยสำหรับผู้ที่มีข้อจำกัดในการขี่จักรยานออกกำลังกาย

คำสำคัญ ชุดมอเตอร์ช่วยขับ (Motor assisted biking) เพลาขับแรงเสียดทาน (resistance driving shaft) ผู้สูงอายุ (elders) ขี่จักรยานออกกำลังกาย (Biking exercise)

1. บทนำ

จากผลการวิจัยเรื่องแรงจูงใจและอุปสรรคในการใช้จักรยานสำหรับคนที่เดินทางด้วยจักรยานในประเทศไทย (ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ, 2556) พบว่า เหตุผลจูงใจหลักที่ทำให้คนหันมาใช้จักรยานก็เพื่อการออกกำลังกายให้มีสุขภาพที่ดี โดยจากการสำรวจ เหตุผลดังกล่าวเป็นประเด็นที่ได้รับคะแนนสูงสุด และมีมูลเหตุจูงใจด้านอื่นๆ รองลงมาในกลุ่มผู้สูงอายุเอง พบว่าถ้ามีการออกกำลังกายเพิ่มขึ้นร้อยละ 25 จะเป็นสุขภาวะที่ดีต่อระบบต่างๆ ของร่างกาย (ศ.นพ. ประเสริฐ อัสสันตชัย และคณะ, 2557) อย่างไรก็ดี ถึงแม้จะได้รับรู้ถึงความเสี่ยงต่อการเกิดกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ได้แก่ โรคหัวใจ เบาหวาน และความดัน ที่ส่วนหนึ่งอาจมีสาเหตุจากกิจวัตรประจำวันและวิถีชีวิตที่เปลี่ยนไปตามสังคมยุคใหม่ รับรู้ถึงความรุนแรงของกลุ่มโรคดังกล่าว และทราบถึงประโยชน์ในการขี่จักรยานเพื่อลดความเสี่ยงหรือช่วยป้องกันต่อการเป็นโรคกลุ่มไม่ติดต่อเรื้อรังดังกล่าว (ดร.เกษม นครเขตต์, 2557) การออกกำลังกายโดยการขี่จักรยานยังมีข้อจำกัดของกลุ่มบุคคล เช่น ผู้สูงอายุ คนทีมีความเสี่ยงต่อโรคดังกล่าวได้ และอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่ออาการบาดเจ็บหรือ เกิดอาการของโรคเฉียบพลัน และการเกิดความเมื่อยล้า และเหตุผลจากความไม่สะดวกสบายในการใช้จักรยานที่ต้องใช้แรงขี่จักรยานทำให้ไม่เกิดแรงจูงใจในการออกกำลังกาย/ใช้เป็นพาหนะในชีวิตประจำวัน ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์มอเตอร์ช่วยขับ ติดตั้งในจักรยานสำหรับผู้สูงอายุ หรือผู้ที่มีความเสี่ยงหรือเป็นโรคกลุ่มไม่ติดต่อเรื้อรัง เพื่อลดความเหนื่อยล้า เพิ่มความสะดวกสบาย และลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคหรือบาดเจ็บจากการขี่จักรยาน รวมทั้งเป็นแนวทางในการสร้างแรงจูงใจให้กลุ่มคนเป้าหมายหรือกลุ่มคนทั่วไปหันมาใช้จักรยานในการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ หรือใช้เป็นพาหนะมากขึ้น โดยรูปแบบของการติดตั้งชุดอุปกรณ์มอเตอร์ช่วยขับจะแสดงได้ดังภาพที่ 1 โดยจะประกอบไปด้วยชุดมอเตอร์ส่งกำลัง (assisted motor) แบตเตอรี่ (Battery) ชุดควบคุมระบบขับเคลื่อน (Controller) และชุดคันเร่ง (Accelerator) โดยขนาดของมอเตอร์และแบตเตอรี่สามารถคำนวณได้ข้อมูลจำเพาะ (Specification) และการคำนวณทางกลศาสตร์ของจักรยาน



ภาพที่ 1 แสดงการติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับในจักรยานทั่วไปรวมทั้งอุปกรณ์ควบคุมและคันเร่ง

2. วิธีการศึกษา

2.1 การออกแบบเชิงหลักการโดยการคำนวณทางวิศวกรรมเพื่อหาขนาดมอเตอร์ที่เหมาะสม

ในการขับขี่จักรยานบนทางราบและตรงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้กำลังในการขับเคลื่อนเพื่อเอาชนะแรงต้านที่เกิดขึ้นระหว่างขับขี่ซึ่งสามารถคำนวณได้ในสมการที่ 1 ดังนี้

$$\begin{aligned} P_b &= (F_R + F_A)\cdot V \\ &= (C_R mg + \frac{1}{2}\rho C_D A V^2)\cdot V \end{aligned} \qquad (1)$$

โดยที่ ค่า P_b คือ ค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานในการขับเคลื่อนจักรยาน [W] ที่ต้องเอาชนะแรงต้านทั้งจากที่ล้อ (F_R) [N] และจากอากาศที่ไหลผ่าน (F_A) [N] ส่วนแรงต้านที่ล้อของรถจักรยานจะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิแรงเสียดทานระหว่างล้อกับพื้นถนน ซึ่งสำหรับยางของรถจักรยานโดยทั่วไปจะมีค่า (C_R) ประมาณ 0.005 และค่าแรงต้านที่ล้อยังขึ้นอยู่กับน้ำหนักรวมของรถจักรยานและผู้ขี่จักรยาน (mg) [N] ด้วย

สำหรับแรงต้านอากาศ (F_A) จะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิแรงต้านอากาศ หรือว่าค่า (C_D) ซึ่งเป็นค่าที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการออกแบบรูปทรงของรถจักรยานให้เพรียวลม และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 0.9 นอกจากนั้นค่าแรงต้านอากาศยังแปรผัน ตามความเร็วของตัวรถบรรทุก (V) [m/s] ยกกำลังสอง ซึ่งหมายความว่าถ้ามีการขับขี่ที่เร็วก็จะมีค่าแรงต้านอากาศเกิดขึ้นเป็นทวีคูณเช่นกันและค่าความหนาแน่นของอากาศ (p) จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.23 kg/m^3 ส่วนค่าพื้นที่หน้าตัดของรถ (A) [m^2] จะขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของทรงรถจักรยานโดยเฉลี่ยจะมีค่าอยู่ที่ 0.6 m^2

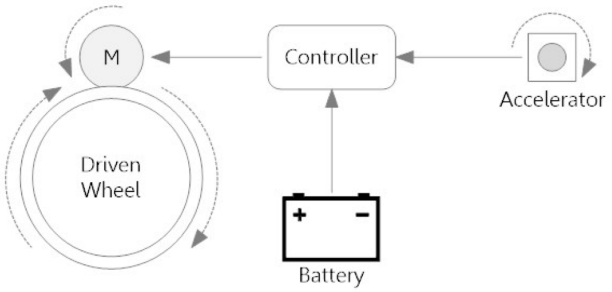
ในการคำนวณเพื่อประมาณค่ากำลังของจากสมการที่ 1 สามารถกระทำได้การโดยแทนค่าสัมประสิทธิ์จากและค่าจากข้อมูลจำเพาะในตารางที่ 1 พบว่าจะได้ค่าภาระโดยประมาณเป็น 85 W (วัตต์) หรือ 73 kcal/hr (กิโลแคลลอรี่ ต่อชั่วโมง) ถ้ามีการขี่จักรยานทางเรียบอยู่ในช่วงความเร็วคงที่ระหว่าง 20 km/hr (กิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง) โดยตัวแปรบางตัวจะใช้ค่าประมาณ ส่วนผลที่ได้จะใช้เป็นค่าประมาณของการเลือกขนาดมอเตอร์ช่วยขับได้

2.2 การสร้างและติดตั้งชุดอุปกรณ์ โดยการจัดหาอุปกรณ์ ประกอบและติดตั้งในจักรยาน

จากการคำนวณเพื่อประมาณหาขนาดของมอเตอร์นั้น พบว่าควรใช้มอเตอร์ในช่วง 100-200 W ได้ เพื่อใช้ประกอบเป็นต้นกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าช่วยขับและเพื่อให้มีน้ำหนักที่ไม่มากจนเกินไป จากนั้นได้ทำการเลือกใช้แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดเพื่อความปลอดภัยและมีราคาที่ไม่สูง หาซื้อได้ตามท้องตลาด โดยตารางคุณสมบัติของส่วนประกอบชุดมอเตอร์ช่วยขับจะแสดงในตารางที่ 2 โดยในการประกอบ ภายในระบบจะประกอบไปด้วย มอเตอร์ต้นกำลัง (M) กล่องควบคุม (Controller) คันเร่ง (Accelerator) และแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้า (Battery) ดังแสดงได้ในภาพที่ 2 โดยเมื่อผู้ขับขี่ทำการเร่งจะสั่งให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านเข้ามอเตอร์โดยผ่านกล่องควบคุม เมื่อมอเตอร์ทำงานจะถ่ายโอนกำลังไปที่ล้อจักรยานเพื่อช่วยในการขับขี่

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลจำเพาะของจักรยานไฟฟ้า (specification)

ส่วนประกอบ	รายละเอียด
1.โครงจักรยาน:	
- มวลรวม	26.9 kg
- มวลผู้ขี่จักรยาน	70 kg
- ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ	0.9
- พื้นที่หน้าตัด	0.6 m^2 (สูง x กว้าง)
- รัศมีล้อ	26 นิ้ว (0.66 m)
- โมเมนต์ความเฉื่อย	เพิ่ม 5% ไปที่มวลของจักรยาน
- ค่าแรงสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน	0.005
2. การส่งกำลัง:	
- อัตราทด	1:27
- ค่าประสิทธิภาพการส่งกำลัง	90% (โดยประมาณ)
3. สภาพการขี่จักรยาน:	
- กลางวัน หรือ กลางคืน	ตลอดวัน
- สภาพถนน	ถนนทางตรงเรียบยาว
- พฤติกรรมการขี่จักรยาน	ความเร็วประมาณ 10 km/hr

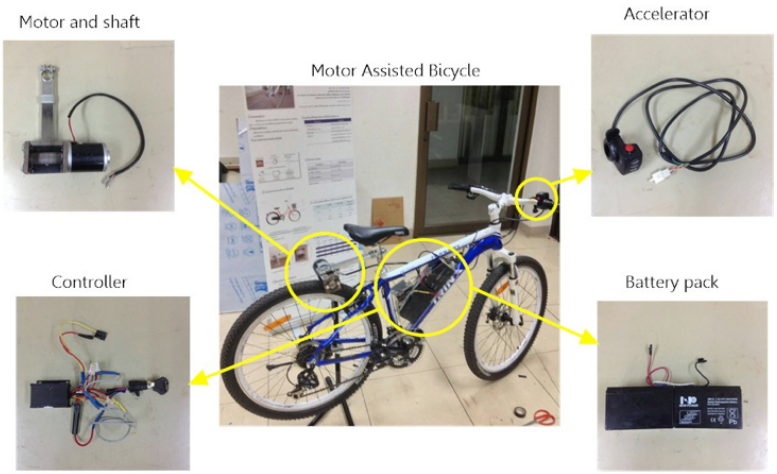


ภาพที่ 2 แผนภาพระบบการทำงานและส่วนประกอบของมอเตอร์ช่วยขับจักรยาน

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดจำเพาะของส่วนประกอบที่จะใช้ในชุดมอเตอร์ช่วยขับ

1. มอเตอร์:	
- ประสิทธิภาพมอเตอร์	90% (โดยประมาณ)
- อัตราค่าประจุไฟฟ้าจากการเบรก	0%
- กำลัง	120 W (ต่อเนื่อง)
2. แบตเตอรี่:	
- ชนิด	ตะกั่วกรด
- ค่าสัมประสิทธิ์พิวเกิร์ด	1.1
- จำนวนเซลล์ (ต่อลูก)	6 Cells
- ค่าแรงดันไฟฟ้าของเซลล์	12 V
- ค่าประจุกระแสไฟฟ้า	7.5 Ah
- ค่าการสูญเสียของอุปกรณ์	0 A
- ค่าอัตราการจ่ายกระแส	100%

เมื่อทำการจัดหาอุปกรณ์แล้ว จากนั้นได้ทำการประกอบอุปกรณ์ส่วนประกอบต่างเข้าด้วยกัน โดยงบประมาณของวัสดุอุปกรณ์รวมกันทั้งสิ้นประมาณ 6000 บาท ซึ่งค่าใช้จ่ายสามารถลดลงได้อีกเมื่อมีการผลิตในปริมาณมาก ดังแสดงได้ในภาพที่ 3 โดยชุดประกอบสามารถปรับเปลี่ยนถอดเปลี่ยนเพื่อนำไปใช้กับจักรยานคนอื่นได้

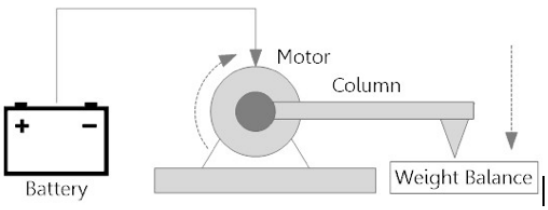


ภาพที่ 3 การประกอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ได้แก่ ชุดมอเตอร์ส่งกำลัง (Motor and shaft) ชุดควบคุม (Controller) คันเร่ง (Accelerator) และชุดแบตเตอรี่ (Battery pack)

2.3 การทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์มอเตอร์ช่วยขับโดยกระบวนการโพนี่เบรค

ในการทดสอบเพื่อหาข้อมูลจำเพาะ (specification) ได้แก่ กราฟแรงบิดและความเร็วรอบ กำลังของมอเตอร์ที่ใช้ได้ โดยกระบวนการทดสอบที่เรียกว่า โพนี่เบรค ดังแสดงได้ในภาพที่ 4 โดยจะให้มอเตอร์ทำงานที่ความเร็วรอบต่าง ๆ (w) [rad/s] แล้วทำการเบรกมอเตอร์โดยให้กดลงบนตราชั่งเพื่อบันทึกค่าน้ำหนักกด *(W)* [N] และคำนวณแรงบิด *(T)* [N.m] โดยนำมาคูณกับความยาวของก้าน column *(L)* [m] ตามสมการที่ 2 ดังนี้

$$T = WL \qquad (2)$$



ภาพที่ 4: การทดสอบเพื่อหาข้อมูลจำเพาะของมอเตอร์ต้นกำลัง

2.4 ทดสอบการขับขี่จักรยานที่มีการติดตั้งชุดอุปกรณ์

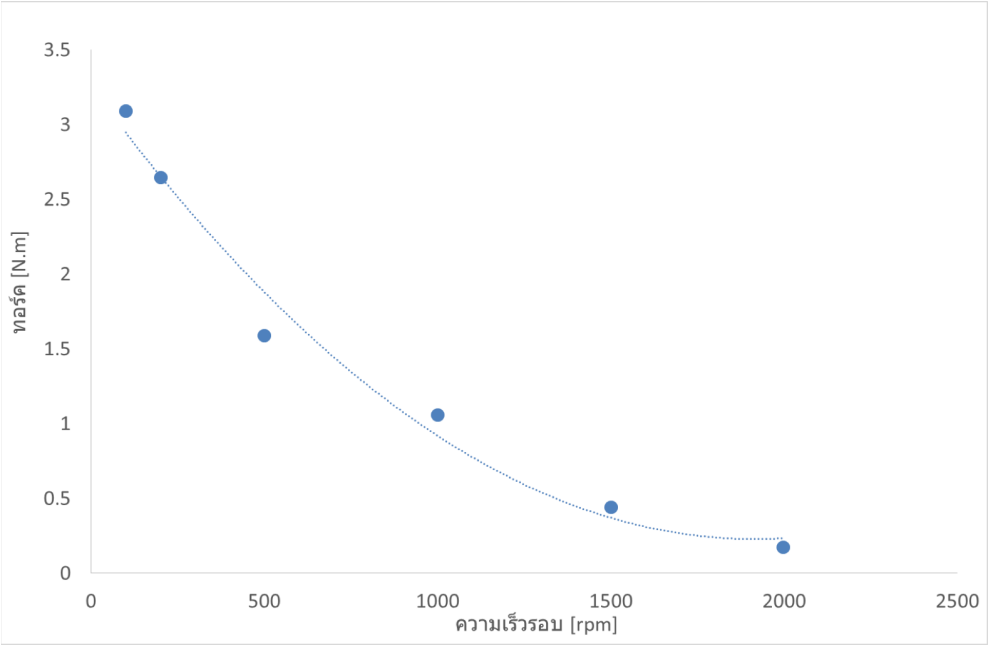
ในการทดสอบหาสมรรถนะการขับขี่จักรยานติดตั้งมอเตอร์ช่วยขับก็สามารถกระทำได้โดยติดตั้งอุปกรณ์ระบุพิกัด หรือ GPS (Global Positioning System) ไว้ที่ตัวรถจักรยาน แล้วทำการขับขี่เพื่อวัดเก็บค่า อัตราเร่ง จาก 0 ถึง ความเร็งสูงสุด [km/hr] แล้วทำการขับขี่เพื่อหาวัฏจักรการขับขี่ของจักรยานเป็น ความเร็ว [m/s] ต่อ เวลา [s] นอกจากนั้นยังได้ทดสอบการจ่ายกระแสไฟฟ้า (discharge) ของแบตเตอรี่โดยขับขี่จนกระแสที่จ่ายหมด พร้อมกับวัดระยะทางรวม จะได้ระยะทาง [km] ต่อการประจุกระแสไฟฟ้าแต่ละครั้ง และการทดสอบวงเลี้ยวที่ความเร็วคงที่ต่างๆ เพื่อหาความเร็วที่เหมาะสมในการขับขี่ผ่านโค้งได้อย่างปลอดภัย

3. ผลการศึกษา

3.1 ผลการทดสอบมอเตอร์ต้นกำลังติดตั้งกับชุดขับที่ล้อ

จากการทดสอบมอเตอร์ต้นกำลังโดยวิธีโพนิเบรกเพื่อหาแผนภาพแรงบิดของมอเตอร์ [N.m] หรือ นิวตันเมตร เทียบกับความเร็วรอบของมอเตอร์ [rpm] หรือ รอบต่อนาที พบว่าแรงบิดของมอเตอร์จะลดลงโดยแปรผกผันกับความเร็ว

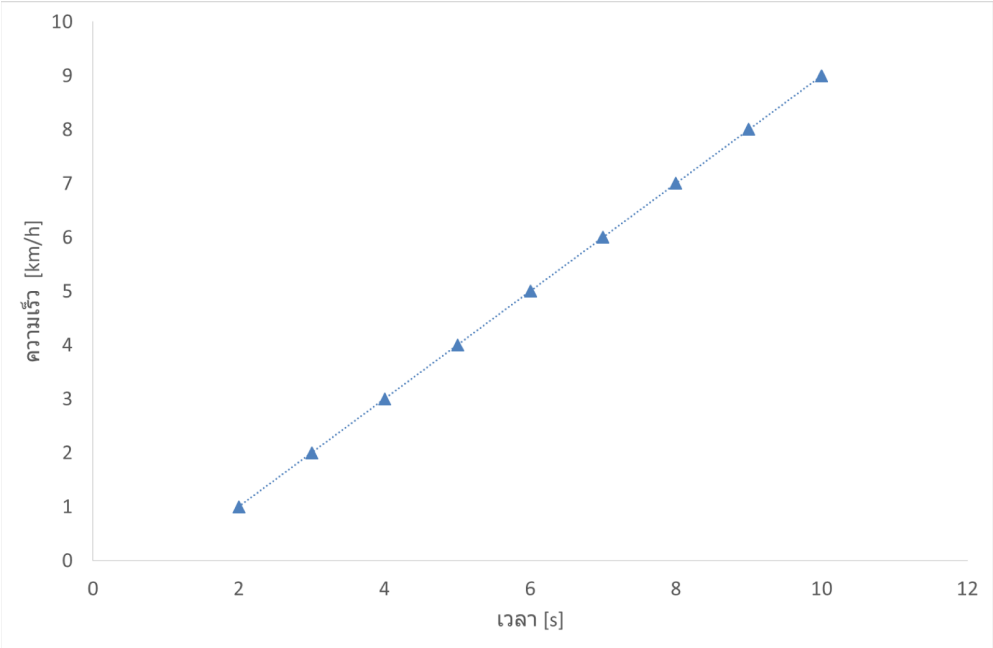
รอบของมอเตอร์โดยมีแนวโน้มลดลงแบบเอ็กโปรเนนเชียล ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยมีกำลังมอเตอร์ทำงานอยู่ที่ 105 วัตต์ ซึ่งจะมีค่าน้อยกว่ากำลังที่มอเตอร์ที่ได้จากมอเตอร์ต้นกำลังเปล่าซึ่งระบุค่ากำลังอยู่ที่ 120 วัตต์



ภาพที่ 5 แสดงแผนภาพแรงบิดชุดมอเตอร์ช่วยขับเทียบกับความเร็วรอบที่ทดสอบโดยวิธีโพนีเบรก

3.2 ผลการทดสอบการขับขี่เมื่อติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับ

ผลการทดสอบอัตราเร่งจะแสดงได้ดังภาพที่ 6 โดยพบว่าชุดมอเตอร์ช่วยขับจะสามารถทำอัตราเร่งจาก 0 ถึง 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในระยะเวลาประมาณ 11 วินาที ซึ่งเป็นอัตราเร่งที่เหมาะสมกับการขับขี่จักรยานโดยทั่วไป และสามารถทำวงเลี้ยวอยู่ที่ 1.28 เมตร ที่ความเร็ว 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยวงเลี้ยวจะเพิ่มขึ้นเท่าตัวเมื่อขับขี่ที่ความเร็ว 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และระยะทางโดยรวมของการขับขี่โดยใช้ชุดมอเตอร์ช่วยขับจะสามารถกระทำได้มากกว่า 10 กิโลเมตรต่อการประจุแบตเตอรี่เต็มแต่ละครั้ง



ภาพที่ 6 แผนภาพแสดงค่าอัตราเร่งของการขับขี่จักรยานที่ติดตั้งชุดมอเตอร์ช่วยขับ
โดยการเปรียบเทียบค่าความเร็วของจักรยานกับเวลาที่ขับขี่

4. อภิปรายผล

จากผลการทดสอบพบว่าค่ากำลังของชุดมเตอร์ช่วยขับจะมีค่าลดลงจากมอเตอร์ต้นกำลัง ทั้งนี้เนื่องจากมอเตอร์มีภาระในการขับชุดเพลาที่ติดตั้งกับมอเตอร์เพิ่มดังนั้นการถ่ายทอดกำลังจึงลดลงไปบางส่วน และการขับขี่สามารถทำความเร็วสูงสุดและอัตราเร่งได้อย่างเหมาะสม โดยระยะทางที่ได้พอเพียงต่อการนำไปใช้สำหรับผ่อนแรงของผู้สูงอายุหรือผู้ที่เป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่ต้องการออกกำลังกายโดยการขับขี่จักรยานได้ ในส่วนของการพัฒนาต่อยอดนั้นอาจจะมีการพัฒนาให้มีขนาดกระทัดรัดมากขึ้นและออกแบบการประกอบเพื่อให้มีความสะดวกในการใช้งานจริง โดยอาจมีการเปลี่ยนชนิดแบตเตอรี่เป็นแบบไลเทียมไอออน และประกอบเป็นเข้าเป็นชุดเดียวกัน เพื่อลดน้ำหนักและขนาดของชุดอุปกรณ์ รวมทั้งเพิ่มเติมการออกแบบในส่วนของเพลาส่งกำลังให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเนื่องจากชุดเพลาขับปัจจุบันยังไม่สามารถส่งกำลังได้เต็มที่เนื่องจากผิวหน้าสัมผัสของเพลาชุดขับยังส่งกำลังไปที่ดอกยางเท่านั้น ในส่วนของการทดสอบเพื่อการใช้งานควรมีการทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายภาคสนามเช่น ผู้สูงอายุ และกลุ่มผู้มีความเสี่ยงต่อโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง และมีการเก็บข้อมูลเพื่อนำกลับมาพัฒนาต่อยอดในอนาคต

5. สรุปผล

ในกระบวนการพัฒนาอุปกรณ์ชิ้นนี้นั้นทำให้ได้ทราบถึงการคำนวณทางระบบเพื่อออกแบบชุดอุปกรณ์มอเตอร์ช่วยขับและได้รูปแบบการทดสอบชุดมอเตอร์ช่วยขับจักรยานไฟฟ้า การทดสอบการขับขี่จะช่วยทำให้ทราบข้อมูลเพื่อใช้ปรับปรุงชุดอุปกรณ์มอเตอร์ช่วยขับต่อไปในอนาคตโดยมีต้นทุนในการพัฒนาที่ต่ำ และชุดมอเตอร์ช่วยขับนี้สามารถพัฒนาเพื่อนำไปใช้เป็นอุปกรณ์เสริมติดตั้งในจักรยานเพื่อช่วยในการผ่อนแรง รวมทั้งช่วยกระตุ้นส่งเสริมให้มีการขับขี่จักรยานเพื่อออกกำลังกายมากขึ้นได้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] เกษม นครเขตต์. (2557) การรับรู้ด้านสุขภาพและทัศนคติของประชาชนไทยต่อการเดินและการขี่จักรยาน. THE 2ND THAILAND BIKE AND WALK FORUM. ชมรมจักรยานเพื่อสุขภาพแห่งประเทศไทย.
[2] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. (2547) คู่มือนักอิเล็กทรอนิกส์. สำนักพิมพ์ ซีเอ็ด.
[3] ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ. (2557) แจงจูงใจและอุปสรรค์ในการใช้จักรยานสำหรับคนที่เดินทางด้วยจักรยานในประเทศไทย. THE 2ND THAILAND BIKE AND WALK FORUM. ชมรมจักรยานเพื่อสุขภาพแห่ประเทศไทย.
[4] ศ.นพ. ประเสริฐ อัสสันตชัย และคณะ. (2557) ผลดีของการเพิ่มกิจกรรมการเดินหรือการใช้จักรยานต่อตัวชีวัดทางสุขภาพต่าง ๆ ในผู้สูงอายุ. THE 2ND THAILAND BIKE AND WALK FORUM. ชมรมจักรยานเพื่อสุขภาพแห่งประเทศไทย.
[5] อนันต์ชัย อยู่แก้ว. (2557) จักรยานปั่นไฟฟ้าต้นแบบ. THE 2ND THAILAND BIKE AND WALK FORUM, ชมรมจักรยานเพื่อ สุขภาพแห่งประเทศไทย.
[6] Morchin, C.,W. and Oman, H. (2006) Electric Bicycles A Guide to Design and Use. IEEE press. Wiley-Interscience.
[7] Slinn, M. (2010) Build Your Own Electric Bicycle. McGraw-Hill.
[8] Ukaew, A. (2011) Model based system design and simulation of electric vehicle conversion: low-cost design process. Bangkok: The 7th Int. Conf. on Automotive Engineering.