บทสรุปผู้บริหาร (Executive summary)

ตามที่คณะรัฐมนตรีแถลงต่อสภานิติบัญญัติแหล่งชาติ วันศุกร์ที่ 12 กันยายน 2557 กำหนดให้นโยบายด้านระบบรางอยู่ในนโยบายเศรษฐกิจระยะยาว เช่น โครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานครและรถไฟฟ้าเชื่อมกรุงเทพมหานครกับเมืองบริวาร จัดตั้งหน่วยงานกำกับดูแลระบบราง เพื่อทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานการให้บริการและความปลอดภัย เป็นต้น รวมถึงการพัฒนาและส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนาและนวัตกรรม นอกจากนี้ยังมีการลงนามในบันทึกความเข้าใจ (MOU) กับประเทศ สาธารณรัฐประชาชนจีน ความร่วมมือการก่อสร้างรถไฟความเร็วปานกลาง 160-180 km/h และโครงการรถไฟฟ้าความเร็วสูงไทย-จีน สายกรุงเทพฯ-หนองคาย โครงการความร่วมมือด้านการรถไฟระหว่างไทย-จีนนี้จะสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาของประเทศไทย ซึ่งมีนัยสำคัญต่อ การพัฒนาระบบขนส่งทางรางของประเทศไทย แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยกำลังดำเนินการลงทุนพัฒนาด้านระบบขนส่งทางรางครั้งใหญ่ จึงเป็นโอกาสอันดีที่ควรใช้โอกาสนี้ให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีระบบขนส่งทางรางและอุตสาหกรรมการผลิตเพื่อความมั่นคงและยั่งยืนของระบบขนส่งทางรางในอนาคต โครงการนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาต้นแบบระบบรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กโดยการติดตั้งแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ซึ่งไม่มีการใช้งานสายจ่ายไฟฟ้าพาดอากาศหรือรางตัวนำที่สาม ฉะนั้นจะสามารถช่วยแก้ปัญหาในพื้นที่เขตเมืองเก่าหรืออุทยานที่ต้องการรักษา ทัศนียภาพไม่ให้มีสายไฟฟ้าบดบังสายตา

วัตถุประสงคของโครงการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาต้นแบบขบวนรถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กด้วย Super Capacitor โดยผู้ประกอบการในประเทศ จำนวน 2 ขบวน โดยขบวนที่ 1 มีความกว้างราง 12 in ประกอบ 1 หัวรถจักรและ 4 ตู้โดยสาร สร้างและทดสอบในบริเวณศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืช อพ.สธ. คลองไผ่ ระยะทางวิ่งประมาณ 1.4 km และขบวนที่ 2 มีความกว้างราง 10 ¼ in ประกอบ 1 หัวรถจักรและ 2 ตู้โดยสาร สร้างและทดสอบในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะทางวิ่งประมาณ 250 m โดยที่ 1 ตู้พ่วงบรรทุกผู้โดยสารได้ 4 คน

2. เพื่อทดสอบการใช้งานระบบรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กเพื่อประเมินสมรรถนะและความพึงพอใจ การทดสอบบนทางวิ่งตลอดเส้นทางทั้งสองแห่งให้สามารถวิ่งได้ครบตามระยะทางโดยที่ไม่ตกราง มีการวิ่งที่ราบเรียบ และมีความปลอดภัยต่อผู้ขับขี่และผู้โดยสาร ขณะทดสอบจะประเมินสมรรถนะด้านการใช้พลังงานของแบตเตอรี่ลเทียมไอออนในการขับเคลื่อนมอเตอร์ของรถรางไฟฟ้าไร้

สายขนาดเล็กในระยะทางการวิ่ง 1 รอบ และประเมินลักษณะความเร็วของรถไฟที่เหมาะสมเพื่อเป็นแนวทางให้คนขับรถไฟระวังไม่ให้เกินขอบเขตที่กำหนด

3. เพื่อเป็นองค์ความรู้ในการพัฒนาต้นแบบของรถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กที่ใช้พลังงานจาก Super Capacitor มีการออกแบบโครงสร้างต้นแบบทางกลของรถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กและการออกแบบระบบควบคุมไฟฟ้า ระบบขับเคลื่อน และระบบจ่ายพลังงานด้วย Super Capacitor ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาสร้างรถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กขบวนถัดไปได้

4. เพื่อสนับสนุนการวิจัยพัฒนาของอุตสาหกรรมระบบรางจากผู้ผลิตในประเทศ ในการออกแบบและพัฒนาสร้างต้นแบบรถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กในโครงการนี้ดำเนินการโดยทีมวิจัยในโครงการและผู้ประกอบการในประเทศไทย ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาอุตสหกรรมระบบรางขนาดเล็กดังต้นแบบของโครงการนี้ สามารถผลิตและสร้างได้ในประเทศไทย

5. เพื่อบูรณาการความร่วมมือวิจัยจากหลายสาขาความชำนาญและความร่วมมือของเครือข่าย ภาครัฐและเอกชน จากการดำเนินงานโครงการมีการบูรณาการความร่วมมือวิจัยจากสาขาด้านวิศวกรรมเครื่องกลในการการออกแบบและสร้างต้นแบบตัวรถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็ก สาขาด้านวิศวกรรมโยธาในการออกแบบและสร้างทางวิ่งของรถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็ก และสาขาด้านวิศวกรรมไฟฟ้าในการออกแบบและสร้างระบบควบคุมไฟฟ้า ระบบขับเคลื่อน และระบบจ่ายพลังงานด้วย Super Capacitor

จากผลการออกแบบทางกล ทีมวิจัยออกแบบแคร่ของรถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กมีขนาดกว้างxยาวxสูง เป็น 420x590x211 mm และมีระยะห่างระหว่างล้อ 450 mm และขนาดของตู้พ่วงมีขนาด กว้างxยาวxสูง เป็น 500x3300x660 mm วัสดุที่ใช้เป็นเหล็กทั้งหมด จากการออกแบบทางโยธา ทีมวิจัยใช้รางรถไฟขนาด GB 6 kg รางวิ่งในบริเวณศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืช อพ.สธ. คลองไผ่ กว้าง 12 in ระยะทางวิ่งประมาณ 1.4 km มีทางแยก 8 จุด และยังประกอบด้วย 1 Depot และ 1 ชานชาลา และรางวิ่งในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี กว้าง 10 ¼ in ระยะทางวิ่งประมาณ 250 m มีทางแยก 12 จุด นอกจากนี้ยังประกอบด้วย 1 Depot และ 1 ชานชาลาเช่นกัน และจากการออกแบบทางไฟฟ้า ทีมวิจัยเลือกมอเตอร์เหนี่ยวนำ แรงดันไฟฟ้าพิกัด 48 Vdc ขนาดกำลังไฟฟ้าพิกัด 5 kW กำลังไฟฟ้าสูงสุด 15 kW ความเร็ว 3000-6500 rpm แรงบิดพิกัด 10 Nm แรงบิดสูงสุด 80 Nm น้ำหนัก 35 kg และอินเวอร์เตอร์ควบคุมมอเตอร์ แรงดันไฟฟ้าพิกัด 48 Vdc กระไฟฟ้าพิกัดต่อเนื่อง 120 A กระแสไฟฟ้าสูงสุด 350 A และน้ำหนัก 5 kg ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วย Super Capacitor มีขนาดแรงดันไฟฟ้าพิกัดและสูงสุด 48 Vdc และ 51 V กระแสไฟฟ้าสูงสุด 1900 A พลังงานที่เก็บสะสมได้ 53 Wh น้ำหนัก 13.5 kg และในการออกแบบระบบจ่ายไฟฟ้าให้กับรถราง

ไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กได้เพิ่มเติมแบตเตอรี่ขับเคลื่อนชนิดลิเทียมไอออน เป็นอุปกรณ์ช่วยจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วย แรงดันไฟฟ้าพิกัด 51.80 V ความจุกระแสไฟฟ้า 100 Ah พลังงานของแบตเตอรี่ 5.18 kWh ย่านแรงดันไฟฟ้าทำงานในช่วง 42-58.24 V กระแสไฟฟ้าอัดประจุต่อเนื่องและสูงสุด 25 A กระแสไฟฟ้าคายพลังงานต่อเนื่องและสูงสุด 62.50 A และ 125 A น้ำหนัก 43 kg ขณะขับเคลื่อนรถรางไฟฟ้าไร้สายสามารถเลือกสลับแหล่งจ่ายไฟฟ้าได้

ทีมวิจัยได้ดำเนินการทดสอบการวิ่งของรถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กที่ใช้ Super Capacitor ใน 2 เส้นทางการวิ่ง ได้แก่ เส้นทางศูนย์อนุรักษ์พันธุพืช อพ.สธ.คลองไผ่ ตำบลคลองไผ่ อำเภอสีคิ้ว จังหวัด นครราชสีมา ระยะทาง 1.4 km ขบวนรถประกอบด้วย 1 หัวรถจักร 4 ตู้โดยสาร และเส้นทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตำสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ระยะทาง 250 m ขบวนรถประกอบด้วย 1 หัวรถจักร 2 ตู้โดยสาร โดยการทดสอบในเส้นทางที่ 1 (อพ.สธ. คลองไผ่) การทดสอบวิ่งได้เพียงแค่ 100 m ใช้เวลาวิ่งทดสอบได้เพียง 40 s เท่านั้น และพลังงานที่สะสมใน Super Capacitor หมดไม่สามารถวิ่งทดสอบต่อได้ จากผลการทดสอบพบว่า รถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กใช้พลังงานในการขับเคลื่อน 150 Wh และมีความเร็วเฉลี่ยที่ 15 km/h (ความเร็วสูงสุดที่ 25 km/h) แรงดันไฟฟ้าของ Super Capacitor ลดลงจาก 50 V เหลือ 37 V กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูงสุดของมอเตอร์ขับเคลื่อนเป็น 190 A และ 9 kW ตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิของมอเตอร์และกล่องควบคุมอยู่ในช่วง 42-53 °C ซึ่งถือว่าอยู่ในย่านที่ยอมรับได้ และการทดสอบในเส้นทางที่ 2 (มทส.) การทดสอบวิ่งได้เพียงแค่ 100 m เช่นกัน ใช้เวลาวิ่งทดสอบได้เพียง 100 s เท่านั้น พบว่า รถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กใช้พลังงานในการขับเคลื่อน 0.53 kWh และมีความเร็วเฉลี่ยที่ 7 km/h (ทางตรงอาจมีความเร็วสูงถึง 9 km/h) แรงดันไฟฟ้าของ Super Capacitor ลดลงจาก 57 V เหลือ 39 V กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูงสุดของมอเตอร์ขับเคลื่อนเป็น 250 A และ 13 kW ตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิของมอเตอร์และกล่องควบคุมอยู่ในช่วง 35-49 °C ซึ่งถือว่าอยู่ในย่านที่ยอมรับได้

จากผลสำเร็จของโครงการจะได้ต้นแบบขบวนรถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กที่ใช้ Super Capacitor พร้อมเส้นทางวิ่งสาธิต ระยะทางไม่น้อยกว่า 1 km (Primary Result) จำนวน 2 ขบวน โดยในเส้นทางศูนย์อนุรักษ์พันธุพืช อพ.สธ.คลองไผ่ (เส้นทางหลัก) ระยะทางวิ่งทดสอบ 1.4 km และในเส้นทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (เส้นทางเสริม) ระยะทางวิ่งทดสอบ 250 m

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากขนาด Super Capacitor ที่ออกแบบใช้งานในโครงการนี้มีขนาดไม่มากนัก (48 Vdc, 1900 A, 53 Wh) ทำให้ช่วยจ่ายพลังงานขับเคลื่อนขบวนรถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กวิ่งได้เพียงแค่ 100 m เท่านั้น ดังนั้น ถ้าต้องการให้ขบวนรถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กวิ่งได้ไกลกว่านี้ควรพิจารณาออกแบบและติดตั้ง Super Capacitor ให้มีขนาดใหญ่กว่านี้เพื่อเป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าหลักได้ หรือพิจารณาใช้ Super Capacitor เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าสำรอง โดยมีแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนเป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าหลัก โดย Super Capacitor จะทำหน้าที่ในการเก็บพลังงานสำรองเพื่อใช้ในกรณีที่แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนไม่สามารถจ่ายพลังงานได้ และ Super Capacitor เหมาะที่จะใช้เก็บพลังงาน Regenerative braking ในช่วงที่รถรางไฟฟ้าขนาดเล็กเบรกและขณะเคลื่อนที่บนทางวิ่งที่มีความลาดเอียงลง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

ระบบรถรางไฟฟ้าสามารถใช้พื้นที่บนถนนร่วมกับยานยนต์อื่นได้ สามารถขนย้ายผู้โดยสารได้จำนวนมากในระยะเวลาสั้นและลดการใช้ เชื้อเพลิงฟอสซิลและมลภาวะ แต่อย่างไรก็ตาม ในเมืองใหญ่ที่ไม่มีการวางระบบไฟฟ้าสำหรับรถรางที่ใช้ระบบไฟฟ้าแบบสายพาดเหนือศีรษะไว้นั้นเป็นสิ่งที่เป็นไปได้ยากในการที่จะติดตั้งระบบนี้ภายหลัง และอาจจะต้องใช้งบประมาณใน การลงทุนโครงสร้างระบบจ่ายไฟแบบสายพาดเหนือศีรษะที่ค่อนข้างสูง นอกจากนี้ข้อเสียที่สำคัญของระบบจ่ายไฟ แบบพาดสายเหนือศีรษะ คือ การกีดขวางหรือบดบังทัศนียภาพของอาคารหรือสถานที่สำคัญ ๆ ในบริเวณที่รถรางวิ่งผ่าน ดังนั้น ทีมวิจัยจึงเล็งเห็นถึงข้อเสียที่กล่าวมาและต้องการพัฒนาระบบรถ รางไฟฟ้าไร้สายในประเทศที่ พัฒนาโดยคนไทย โครงการนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การสาธิตระบบรถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กที่ใช้ Super Capacitor สำหรับการขนส่งมวลชนในพื้นที่มหาวิทยาลัยสีเขียว ซึ่งไม่มีการใช้งานสายจ่ายไฟฟ้าพาดอากาศหรือรางตัวนำที่สาม ฉะนั้นจะสามารถช่วยแก้ปัญหาในพื้นที่เขตเมืองเก่าหรืออุทยานที่ต้องการรักษา ทัศนียภาพไม่ให้มีสายไฟฟ้าบดบังสายตา โดยนักวิจัยได้ออกแบบ พัฒนาสาธิตและทดสอบสมรรถนะของต้นแบบขบวนรถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กใช้ Super Capacitor โดยผู้ประกอบการในประเทศ จำนวน 2 ขบวน โดยขบวนที่ 1 มีความกว้างราง 12 นิ้ว ประกอบด้วย 1 หัวรถจักรและ 4 ตู้โดยสาร สร้างและทดสอบในบริเวณศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืช อพ.สธ. คลองไผ่ ระยะทางวิ่งประมาณ 1.4 กิโลเมตร และขบวนที่ 2 มีความกว้างราง 10 ¼ นิ้ว ประกอบด้วย 1 หัวรถจักรและ 2 ตู้โดยสาร สร้างและทดสอบในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระยะทางวิ่งประมาณ 250 เมตร การดำเนินโครงการสนับสนุนการวิจัยพัฒนาและการใช้ชิ้นส่วน ผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมระบบรางและยานยนต์สมัยใหม่จากผู้ผลิตในประเทศ ตลอดจนบูรณาการความร่วมมือวิจัยจากหลายสาขาความชำนาญและความร่วมมือของเครือข่าย ภาครัฐและเอกชน จากผลสำเร็จของโครงการจะได้ต้นแบบขบวนรถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กที่ใช้ Super Capacitor พร้อมเส้นทางวิ่งสาธิต ระยะทางไม่น้อยกว่า 1 km (Primary Result) จำนวน 2 ขบวน โดยในเส้นทางศูนย์อนุรักษ์พันธุพืช อพ.สธ. คลองไผ่ (เส้นทางหลัก) ระยะทางวิ่งทดสอบ 1.4 กิโลเมตร และในเส้นทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (เส้นทางเสริม) ระยะทางวิ่งทดสอบ 250 เมตร การวิ่งทดสอบขบวนรถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็กใช้ Super Capacitor ทั้งสองเส้นทางวิ่ง สามารถวิ่งได้เพียงแค่ 100 เมตร เท่านั้น เนื่องจาก Super Capacitor มีพิกัดค่อนข้างน้อย ทำให้เหมาะสำหรับการใช้เป็นแหล่งเก็บพลังงานสำรอง

คำสำคัญ: รถรางไฟฟ้าไร้สายขนาดเล็ก Super Capacitor แหล่งเก็บพลังงานสำรอง

Abstract

Electric trams can share road space with other vehicles and are able to transport many passengers in a short period of time and reduce consumption of fossil fuels and pollution. However, in large cities where electrification for overhead trams is not available, it is difficult to install the system later, and the budget in the investment in the overhead power distribution system is relatively high. In addition, a significant disadvantage of the power supply system as overhead lines is those that obstruct or obscure views of buildings or landmarks in the area that the tram passes. Therefore, the research team recognized the disadvantages and wanted to develop a wireless electric tram system in countries were developed by Thai people. The project, therefore, focuses on the demonstration of a super capacitor powered small electric tram system for public transportation in green campus areas, where there is no use of an overhead power line or a third conductor rail. Therefore, it can help to solve problems in the old city area or the park that needs to be maintained. The scenery is not obscured by electric wires. Researchers have designed, developed, demonstrated, and tested the performance of two prototype of a small wireless electric trams using Super Capacitor by domestic operators. The first tram has a rail width of 12 inches, comprising 1 locomotive and 4 passenger cars, built and tested in the area of the Plant Genetic Conservation Center, Khlong Phai, running distance approximately of 1.4 km, and the second tram has a rail width of 10 ¼ inches, consisting of 1 locomotive and 2 passenger cars, built and tested in the Suranaree University of Technology, running distance approximately of 250 m. Implementation of projects supporting research, development and use of parts and products of the modern rail and automotive industry from domestic manufacturers as well as integrate research collaborations from various fields of expertise and network cooperation, public and private sectors. Based on the success of the project, two prototype of a small wireless electric trams using Super Capacitor with a demonstration track will be obtained, with the distance is not

less than 1 km (Primary Result). In the route of the Center for Plant Genetic Conservation, Klong Phai (Main route) test run distance of 1.4 km and in the route of Suranaree University of Technology (Optional route) test run distance of 250 m. The test run of two small wireless electric trams using Super Capacitor on both routes can run only 100 meters because Super Capacitor has quite a few capacities. This makes it ideal for use as a backup energy storage.

Keywords: Small wireless electric tram, Super Capacitor, Backup energy storage

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี