บัณริ เข็มกลัดมุกต์: กลยุทธ์การแบ่งปันพลังงานไฟฟ้าในระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนเพื่อป้องกันการหยุดชะงักจากกรณีไฟฟ้าดับผ่านระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉิน (ENERGY-SHARING STRATEGY IN MASS RAPID TRANSIT SYSTEMS FOR PREVENTING SERVICE DISRUPTIONS DUE TO POWER OUTAGES VIA EMERGENCY SELF-TRACTION SYSTEM)
อาจารย์ที่ปรึกษา: ศาสตราจารย์ ดร.ธนัดชัย กุลวรวานิชพงษ์, 312 หน้า.

คำสำคัญ : ระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน ปัญหาไฟดับ ระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉิน การแบ่งปันพลังงานไฟฟ้า

งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอกลยุทธ์การแบ่งปันพลังงานไฟฟ้าในระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนผ่านระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉิน (Emergency Self-Traction System: ESTS) ซึ่งเป็นแนวคิดสำคัญในการลดความจำเป็นในการติดตั้ง ESTS ให้กับรถไฟฟ้าทุกขบวน ขณะเดียวกันยังคงสามารถบรรเทาผลกระทบจากสถานการณ์ไฟดับที่อาจทำให้การเดินขบวนรถหยุดชะงักและผู้โดยสารตกค้างบนเส้นทางได้ โดยขั้นตอนการดำเนินการกำหนดให้ขบวนรถไฟฟ้าที่ติดตั้ง ESTS ใช้พลังงานไฟฟ้าสำรองขับเคลื่อนตนเองไปยังสถานีผู้โดยสารที่ใกล้ที่สุดก่อน แล้วจึงแบ่งปันพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เหลือให้แก่ขบวนรถไฟฟ้าที่ไม่ได้ติดตั้งระบบ งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และทดสอบการทำงานด้วยโปรแกรม MATLAB โดยใช้กรณีศึกษาเป็นระบบรถไฟฟ้าเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบพระชนมพรรษา สาย 2 หรือรถไฟฟ้าบีทีเอส สายสีลม พร้อมกำหนดตัวแปรทดสอบหลัก 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรกคือระยะห่างการปล่อยขบวนรถไฟฟ้า 3 ระดับ คือ 3.45 6 และ 8 นาที และส่วนที่สองคือสัดส่วนการติดตั้ง ESTS 3 ระดับ คือร้อยละ 25 50 และ 75 เมื่อรวมกันแล้วได้ 9 กรณีทดสอบ เพื่อประเมินสมรรถนะของระบบภายใต้สถานการณ์ไฟดับทั้งโครงข่ายที่กำหนด

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสมรรถนะของกลยุทธ์การแบ่งปันพลังงานไฟฟ้าขึ้นอยู่กับทั้งระยะห่างระหว่างขบวนรถไฟฟ้าและสัดส่วนการติดตั้ง ESTS อย่างชัดเจน โดยเมื่อระยะห่างระหว่างขบวนรถไฟฟ้าเท่ากับ 3.45 นาที ระบบมีอัตราความสำเร็จในการอพยพขบวนรถไฟฟ้าทุกขบวนเท่ากับร้อยละ 68.97 100 และ 100 สำหรับสัดส่วนการติดตั้ง ESTS ร้อยละ 25 50 และ 75 ตามลำดับ ขณะที่กรณีระยะห่างเท่ากับ 6 นาที มีอัตราความสำเร็จเท่ากับร้อยละ 58.82 73.53 และ

85.29 และกรณีระยะห่างเท่ากับ 8 นาที มีอัตราความสำเร็จเท่ากับร้อยละ 36.11 63.89 และ 80.56 ตามลำดับ ผลลัพธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การลดระยะห่างระหว่างขบวนรถไฟฟ้าและการเพิ่มสัดส่วนการติดตั้ง ESTS ช่วยเพิ่มโอกาสในการจับคู่แบ่งปันพลังงานไฟฟ้าและเพิ่มความครอบคลุมเชิงพื้นที่ของการช่วยเหลือ อย่างไรก็ตาม ความล้มเหลวของระบบส่วนใหญ่เกิดจากข้อจำกัดเชิงพื้นที่มากกว่าการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าสำรองโดยรวมของ ESTS ดังนั้น กลยุทธ์การแบ่งปันพลังงานไฟฟ้าด้วย ESTS จึงมีศักยภาพในการลดความจำเป็นในการติดตั้ง ESTS ในระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนได้ โดยยังคงสนับสนุนการอพยพผู้โดยสารในสถานการณ์ไฟดับได้ในระดับที่เหมาะสม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนักศึกษา .....

ปีการศึกษา 2568 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

BANRI KHEMKLADMUK: ENERGY-SHARING STRATEGY IN MASS RAPID TRANSIT SYSTEMS FOR PREVENTING SERVICE DISRUPTIONS DUE TO POWER OUTAGES VIA EMERGENCY SELF-TRACTION SYSTEM
THESIS ADVISOR: PROF. THANATCHAI KULWORAWANICHPONG, Ph.D., 312 PP.

Keywords : Mass rapid transit system Power outage Emergency self-traction system Energy-sharing

This thesis proposes an energy-sharing strategy for mass rapid transit systems using the Emergency Self-Traction System (ESTS). The concept aims to reduce the need to install ESTS on every train while still maintaining the ability to evacuate passengers to the nearest station during main power supply failures. Under the proposed strategy, ESTS-equipped trains first use their reserve electrical energy for self-propulsion to the nearest passenger station and then share the remaining electrical energy with trains not equipped with ESTS. A mathematical model was developed and implemented in MATLAB, using the BTS Silom Line as the case study. Two key variables were investigated: train headway, at 3.45, 6, and 8 minutes, and ESTS installation ratio, at 25%, 50%, and 75%, resulting in nine test scenarios under a full-network power outage condition.

The results indicate that the performance of the proposed energy-sharing strategy is strongly dependent on both train headway and ESTS installation ratio. For the 3.45-minute headway case, the evacuation success rates were 68.97%, 100%, and 100% for ESTS installation ratios of 25%, 50%, and 75%, respectively. For the 6-minute headway case, the corresponding success rates were 58.82%, 73.53%, and 85.29%, while for the 8-minute headway case, they were 36.11%, 63.89%, and 80.56%, respectively. These findings show that shorter headways and higher ESTS installation ratios improve the likelihood of successful energy-sharing pair formation and increase

the spatial coverage of emergency assistance. Most system failures were caused by spatial constraints rather than by an overall shortage of reserve electrical energy. The proposed ESTS-based energy-sharing strategy therefore demonstrates strong potential to reduce the number of trains requiring ESTS installation while still supporting passenger evacuation during power outage events.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Electrical Engineering
Academic Year 2025

Student's Signature .....
Advisor's Signature .....