

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

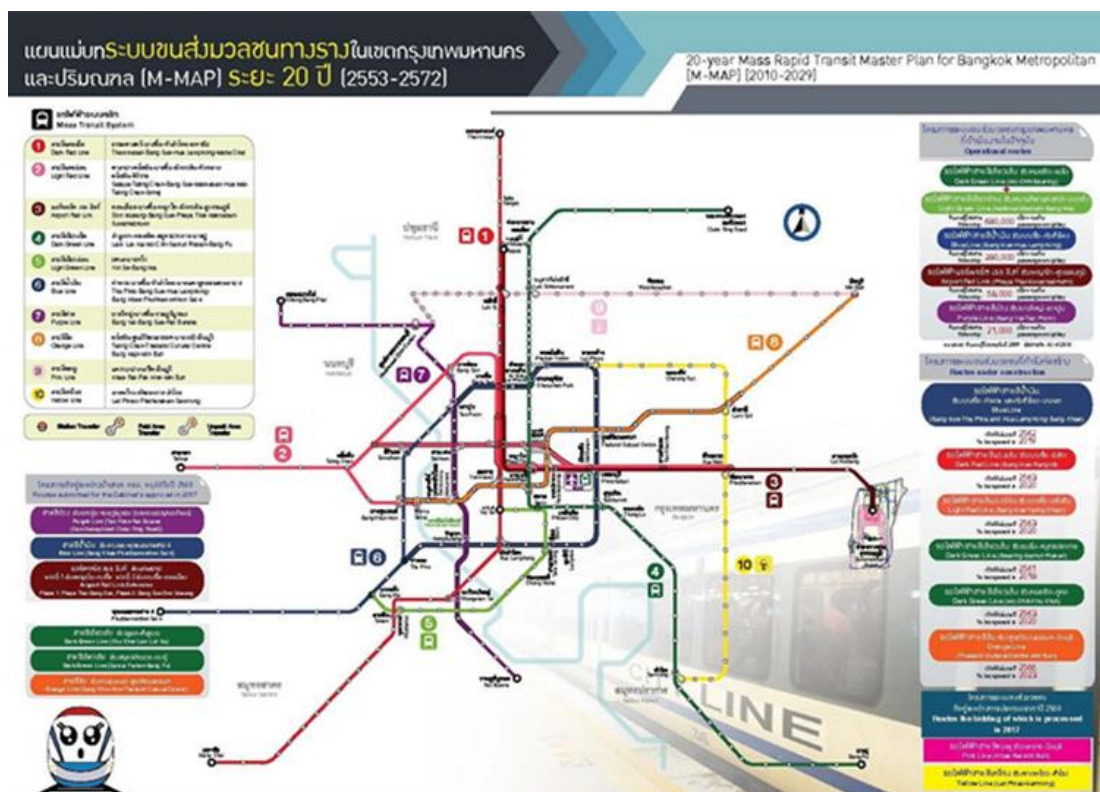
ปัจจุบันระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน (Mass Rapid Transit System: MRTS) ได้เข้ามาเป็นระบบขนส่งสาธารณะหลักที่มีบทบาทสำคัญในการขนส่งผู้โดยสารและกระจายสินค้าในเขตเมืองใหญ่ทั่วโลก แสดงดังรูปที่ 1.1 (Bao, 2018) เนื่องด้วยระบบนี้มีจุดเด่นที่เหนือกว่าระบบขนส่งสาธารณะประเภทอื่น ๆ อย่างชัดเจน ทั้งในแง่ของการให้บริการที่รวดเร็วตรงต่อเวลา ชัดความสามารถในการรองรับผู้โดยสารปริมาณมาก ความยืดหยุ่นของเส้นทางการให้บริการที่สามารถปรับให้สั้นหรือยาวได้ตามต้องการ ระดับการปล่อยมลพิษที่ต่ำ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดอุบัติเหตุทางถนนที่อาจเกิดขึ้นได้ และส่งเสริมให้เกิดการปรับปรุงทัศนียภาพในเขตเมือง นอกจากนี้ ยังมีส่วนช่วยในการกระจายความเจริญ กระตุ้นเศรษฐกิจ และยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่โดยรอบแนวเส้นทางรถไฟฟ้าตัดผ่าน (İnaç and Vayvay, 2018; Pirouz and Hajizadeh, 2020) จากคุณสมบัติเหล่านี้ ทำให้ประเทศไทยตระหนักถึงความสำคัญของระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนและมีการผลักดันให้เกิดการขยายโครงข่ายระบบนี้ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลตามแนวทางของ“แผนแม่บทการขนส่งมวลชนระบบรางในเขตกรุงเทพมหานครและพื้นที่ต่อเนื่อง” เพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบขนส่ง



รูปที่ 1.1 ระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน

(ที่มาภาพ: <https://www.prachachat.net/property/news-398392> [เข้าถึงเมื่อ 15 มกราคม 2568])

สาธารณะและเสริมสร้างความเชื่อมโยงของโครงข่ายการเดินทางในพื้นที่เมืองและปริมณฑล แสดงดังรูปที่ 1.2 นอกจากนี้ ยังได้มีการดำเนินการขยายโครงข่ายระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนไปยังหัวเมืองหลักทั่วประเทศ เพื่อรองรับการเติบโตของเศรษฐกิจและการขยายตัวของเขตเมืองอย่างเป็นระบบ (ธนัดชัย กุลวรวานิชพงษ์, 2560; สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2553)

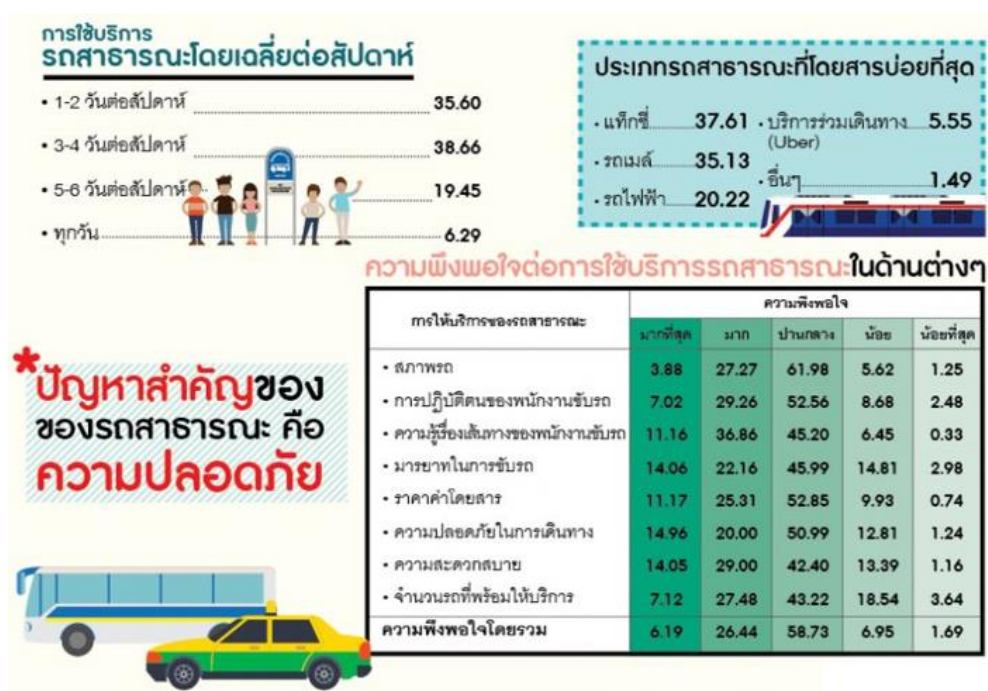


รูปที่ 1.2 แผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนทางรางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (M-MAP2) ระยะ 20 ปี (พ.ศ.2553-2572)

(ที่มาภาพ: <https://www.home.co.th/hometips/topic-8836> [เข้าถึงเมื่อ 15 มกราคม 2568])

แม้ระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนในประเทศไทยจะได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอดหลายทศวรรษที่ผ่านมา แต่การให้บริการระบบยังคงต้องประสบกับข้อจำกัดและอุปสรรคหลายประการที่นำไปสู่ภาพลักษณ์ด้านลบอันส่งผลกระทบต่อระดับความเชื่อมั่นที่ประชาชนมีต่อระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน ยกตัวอย่างเช่น อัตราค่าโดยสารที่สูงเกินไปเมื่อเทียบกับรายได้ของประชาชน โครงข่ายรถไฟฟ้ายังไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ ปัญหาความแออัดของขบวนรถไฟฟ้าในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน พฤติกรรมหรือวัฒนธรรมการเดินทางของประชาชน เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้ทำให้ประชาชนส่วนใหญ่ยังคงเลือกใช้รถยนต์ส่วนตัว

หรือระบบขนส่งสาธารณะทางถนนมากกว่าระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน ซึ่งนำไปสู่ปัญหาด้านการจราจรที่ติดขัดและมลพิษทางสิ่งแวดล้อมอันเป็นความท้าทายสำคัญที่ประเทศไทยกำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบัน แสดงดังรูปที่ 1.3 (ปณิตา เฝ้าลินจง และคณะ, 2565) จากประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนดังที่กล่าวมาข้างต้น อีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการให้บริการระบบนี้ นั่นคือความไม่แน่นอนในการให้บริการและปัญหาขัดข้องของระบบ ซึ่งส่วนใหญ่มักเกิดจากข้อบกพร่องทางเทคนิคของอุปกรณ์และระบบที่พบได้เป็นระยะ ๆ ระหว่างการให้บริการระบบ ไม่ว่าจะเป็น ความล้มเหลวของระบบควบคุมการเดินรถ ความขัดข้องของระบบอาณัติสัญญาณ ความผิดปกติของระบบประตูกันขานขาลา ปัญหาในระบบจ่ายไฟ เป็นต้น ทั้งนี้ในบางกรณีอาจไม่สามารถระบุสาเหตุได้อย่างชัดเจน จึงมักส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการตรวจสอบและแก้ไขปัญหาที่นานกว่าปกติ (ไทยรัฐออนไลน์, 2565; เดลินิวส์ออนไลน์, 2567; บีบีซีไทย, 2561)



รูปที่ 1.3 ข้อมูลสถิติการใช้ระบบขนส่งสาธารณะในประเทศไทย

(ที่มาภาพ: <https://www.bltbangkok.com/poll/4055/> [เข้าถึงเมื่อ 15 มกราคม 2568])

ปัญหาความขัดข้องของระบบจ่ายไฟหรือปัญหาไฟดับ (Power Outage) ถือเป็นอุปสรรคสำคัญที่มีผลกระทบโดยตรงต่อความต่อเนื่องในการให้บริการระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยปัญหานี้ไม่เพียงแต่จะทำให้เกิดการหยุดชะงักของระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน

เท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบต่อผู้โดยสาร ทรัพย์สิน และโครงสร้างของระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนในอีกหลายมิติ ได้แก่ รถไฟฟ้าหยุดทำงานกะทันหันสร้างความตื่นตระหนกและกังวลใจให้แก่ผู้โดยสาร การจราจรติดขัดมีผู้คนจำนวนมากถูกขังอยู่บนขบวนรถไฟฟ้าและตกค้างตามสถานีผู้โดยสารผู้โดยสารบางรายที่มีโรคประจำตัวอาจได้รับผลกระทบจากการขาดอากาศหายใจขณะถูกขังอยู่บนขบวนรถไฟฟ้า ผู้โดยสารต้องสูญเสียโอกาสในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ขณะติดอยู่บนรถไฟฟ้าที่หยุดนิ่ง การให้บริการระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนถูกลดทอนความน่าเชื่อถือและมีผู้ใช้บริการบางส่วนหันไปพึ่งพาระบบขนส่งรูปแบบอื่นแทน อุปกรณ์ควบคุมระบบบางส่วนอาจได้รับความเสียหายจากการตัดไฟแบบกะทันหัน และในกรณีที่เลวร้ายที่สุดอาจจะมีผู้ใช้บริการบางรายเกิดความวิตกกังวล ขาดอากาศหายใจ หรือเกิดเหตุการณ์ร้ายแรงอื่น ๆ ท่ามกลางพื้นที่ที่แออัดและจำกัดของระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนที่ไปหยุดอยู่ในอุโมงค์ใต้ดินหรือบนทางยกระดับที่ยากแก่การรับความช่วยเหลือจากเจ้าหน้าที่ได้ แสดงดังรูปที่ 1.4 (Chovančíková and Dvořák, 2019; Haes Alhelou et al., 2019) ทั้งนี้ผลกระทบที่เกิดขึ้นจะมีความรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ระบบต้องหยุดทำงานจากการเกิดไฟดับและจำนวนผู้ใช้บริการระบบในขณะนั้น

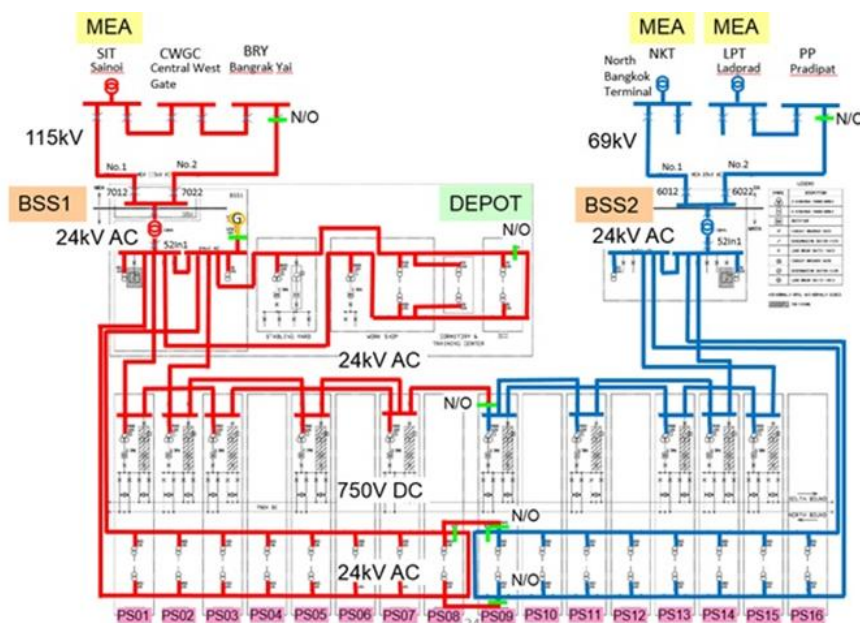


รูปที่ 1.4 ปัญหาไฟดับในระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน

(ที่มาภาพ: <https://mgronline.com/live/detail/9600000129688>, <https://highlight.kapook.com/view/86682> และ <https://www.pptvhd36.com/news/ประเด็นร้อน/70276> [เข้าถึงเมื่อ 16 มกราคม 2568])

ทั้งนี้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและภาคเอกชนได้เล็งเห็นถึงผลกระทบของปัญหาไฟดับที่อยู่คู่ระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนในประเทศไทยมาอย่างยาวนาน จึงทำการเร่งดำเนินการศึกษาและพัฒนามาตรการที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการหยุดชะงักของระบบขณะเกิดปัญหาไฟดับ ส่งผล

ให้ในปัจจุบันมีการนำมาตรการป้องกันปัญหาไฟดับด้วยวิธีการจัดสรรรูปแบบการรับพลังงานไฟฟ้าจากสถานีไฟฟ้าสองแหล่งที่อยู่ในเขตพื้นที่ให้บริการที่ต่างกันมาใช้ในระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนสายต่าง ๆ เพื่อให้สถานีไฟฟ้าเหล่านั้นทำงานประสานกันทั้งในขณะที่ระบบทำงานปกติและเกิดเหตุไฟดับขึ้น โดยระบบดึงเอาพลังงานไฟฟ้าจากสถานีไฟฟ้าหลักที่อยู่ในเขตพื้นที่เดียวกันเพียงหนึ่งสถานีขณะระบบจ่ายไฟทำงานได้อย่างปกติ แต่เมื่อสถานีไฟฟ้าหลักเกิดขัดข้องไม่สามารถจ่ายไฟต่อไปได้ก็จะมี การสับไปใช้พลังงานไฟฟ้าจากสถานีไฟฟ้าสำรองของอีกเขตหนึ่งในการเดินระบบแทน ด้วยการ ดำเนินการตามมาตรการดังกล่าวทำให้การบริการระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนมีเสถียรภาพและ ประสิทธิภาพที่มากขึ้น แสดงดังรูปที่ 1.5 (กรมการขนส่งทางราง, 2563) อย่างไรก็ตาม มาตรการ ป้องกันปัญหาไฟดับนี้ยังมีช่องโหว่ใหญ่ ๆ ประการหนึ่ง นั่นคือ การทำงานของสถานีไฟฟ้าสองแหล่งที่ กล่าวมาข้างต้นเป็นปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมจากระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนโดยตรง เมื่อ เกิดเหตุไฟดับเป็นวงกว้างในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลก็ไม่พ้นปัญหาไฟดับที่ส่งผลให้ระบบต้องหยุด ทำงานด้วยเช่นเดิม ดังที่พบเห็นตามเหตุการณ์ระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนเส้นทางต่าง ๆ หยุดชะงัก จากปัญหาไฟดับในปัจจุบัน (กระทรวงคมนาคม, 2568) จึงกล่าวได้ว่าแม้มาตรการจัดสรรพลังงาน ไฟฟ้าจากสถานีไฟฟ้าสองแหล่งจะช่วยลดความเสี่ยงของไฟดับได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่ถือเป็นวิธีการ ที่สมบูรณ์แบบหรือดีที่สุดสำหรับการแก้ปัญหาไฟดับในระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน



รูปที่ 1.5 การรับพลังงานไฟฟ้าจากสถานีไฟฟ้าสองแหล่งในระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน

(ที่มาภาพ: <https://www.drt.go.th/library/ระบบการจ่ายไฟฟ้าสำหรับ-2> [เข้าถึงเมื่อ 16 มกราคม 2568])

จากความท้าทายในประเด็นด้านเสถียรภาพในการให้บริการพลังงานไฟฟ้าจัดสรรรูปแบบการรับพลังงานไฟฟ้าจากสถานีไฟฟ้าสองแหล่งที่ยังไม่สามารถทำงานได้อย่างครอบคลุมในกรณีที่เกิดปัญหาไฟดับเป็นวงกว้าง ระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉิน (Emergency self-traction system) จึงถือเป็นอีกนวัตกรรมหนึ่งที่มีความน่าสนใจในแง่ของการทำงานที่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอก โดยระบบจะอาศัยคุณสมบัติของเทคโนโลยีกักเก็บพลังงานที่เป็นองค์ประกอบหลักในการสำรองพลังงานไฟฟ้าเพื่อจ่ายไฟให้ระบบยังสามารถใช้งานส่วนที่สำคัญบางส่วนได้อย่างต่อเนื่องในระยะเวลาสั้น ๆ เช่น ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ อุปกรณ์สื่อสารในขบวนรถไฟไฟฟ้า เป็นต้น เพื่อป้องกันการหยุดชะงักของระบบแบบทันทีทันใดเมื่อเกิดปัญหาไฟดับ (Yuan et al., 2012; Xu et al., 2018) นอกจากนี้ในบางระบบรถไฟไฟฟ้าขนส่งมวลชนยังอาจมีการออกแบบให้สามารถสำรองพลังงานไฟฟ้าที่มากพอสำหรับขับเคลื่อนรถไฟไฟฟ้าให้เคลื่อนที่ไปยังสถานีผู้โดยสารที่ใกล้ที่สุดด้วยความเร็วต่ำ เพื่อลดความเสี่ยงที่ผู้โดยสารบนขบวนรถไฟไฟฟ้าอาจต้องติดอยู่กลางทางขณะเกิดปัญหาไฟดับ (Tian et al., 2022) อย่างไรก็ตาม การนำระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉินมาใช้งานยังคงมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ ยกตัวอย่างเช่น ต้นทุนการติดตั้ง การซ่อมบำรุง ขนาดและน้ำหนัก ความเชี่ยวชาญของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น (Liu and Li, 2020) นอกจากนี้ความกังวลเกี่ยวกับความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบนี้บนระบบรถไฟไฟฟ้าขนส่งมวลชนที่ไม่ได้มีการเกิดปัญหาไฟดับบ่อยนัก ก็เป็นอีกปัจจัยสำคัญที่อาจจะทำให้การนำระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉินมาใช้งานจริงในระบบรถไฟไฟฟ้าขนส่งมวลชนปัจจุบันยังไม่เป็นที่นิยมเท่าที่ควร ซึ่งนำมาสู่ภาพรถไฟไฟฟ้าที่ประสบปัญหาหยุดชะงักที่กลางทางขณะเกิดสถานการณ์ไฟดับอยู่ในระบบรถไฟไฟฟ้าขนส่งมวลชนหลายระบบ

งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้จึงได้นำเสนอแนวความคิดการแบ่งปันพลังงานไฟฟ้าระหว่างรถไฟไฟฟ้าที่ติดตั้งระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉินไปยังรถไฟไฟฟ้าที่ไม่ได้ติดตั้งระบบ เพื่อลดความจำเป็นในการติดตั้งระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉินให้กับรถไฟไฟฟ้าทุกขบวนในระบบรถไฟไฟฟ้าขนส่งมวลชนให้มีปริมาณที่น้อยที่สุดในขณะที่รถไฟไฟฟ้าแต่ละขบวนจะยังคงสามารถเคลื่อนย้ายผู้โดยสารไปยังสถานีที่ใกล้ที่สุดด้วยระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉินที่เหลืออยู่ได้เช่นเดิมในสถานการณ์ที่แหล่งจ่ายไฟหลักเกิดความขัดข้อง โดยหลักแนวคิดนี้จะมีการศึกษาและประเมินความเป็นไปได้ผ่านการจำลองสถานการณ์ไฟดับในระบบขนส่งมวลชนหลายขบวน พร้อมทั้งวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น จำนวนขบวนรถไฟที่ติดตั้งระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉิน ระยะทางที่ขบวนรถไฟไฟฟ้าเคลื่อนที่ เป็นต้น สำหรับการนำเสนอเนื้อหาในงานวิจัยวิทยานิพนธ์จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง การพัฒนาแบบจำลอง การจำลองสถานการณ์ ผลการจำลอง การวิเคราะห์ และอภิปรายผล ตลอดจน

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้และการวิจัยในอนาคต โดยมุ่งหวังว่างานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ จะมีส่วนช่วยในการยกระดับความปลอดภัยและประสิทธิภาพของระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนขณะ เกิดสถานการณ์ไฟดับต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาแบบจำลองการทำงานของระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉินสำหรับระบบ รถไฟฟ้าขนส่งมวลชนภายใต้สถานการณ์ไฟดับ

1.2.2 เพื่อพัฒนาและศึกษากลยุทธ์การแบ่งปันพลังงานไฟฟ้าระหว่างขบวนรถไฟฟ้าที่ ติดตั้งและไม่ได้ติดตั้งระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉิน

1.2.3 เพื่อประเมินสมรรถนะของระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉินและกลยุทธ์การแบ่งปัน พลังงานไฟฟ้าในสถานการณ์ไฟดับ

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 ระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉินจะสามารถสำรองพลังงานไฟฟ้าให้กับขบวนรถไฟฟ้าที่ ติดตั้งระบบให้เคลื่อนที่ไปยังสถานีผู้โดยสารที่ใกล้ที่สุดได้อย่างปลอดภัยเมื่อเกิดสถานการณ์ไฟดับ

1.3.2 ภายใต้กลยุทธ์การแบ่งปันพลังงานไฟฟ้า ขบวนรถไฟฟ้าที่ติดตั้งระบบขับเคลื่อน ตัวเองฉุกเฉินจะสามารถแบ่งปันพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เหลือให้แก่ขบวนรถไฟฟ้าที่ไม่ได้ติดตั้งระบบบาง ขบวน เพื่อเพิ่มจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่สามารถเคลื่อนที่เข้าสู่สถานีผู้โดยสารที่ใกล้ที่สุดได้

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.4.1 กรณีสึกษาที่ใช้ในการจำลอง คือ รถไฟฟ้าเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบพระชนมพรรษา สาย 2 หรือรถไฟฟ้าบีทีเอส สายสีลม ซึ่งมีระยะทางให้บริการรวม 13.65 กิโลเมตร ประกอบด้วย สถานีผู้โดยสาร จำนวน 14 สถานี และสถานีไฟฟ้าย่อยกระแสตรงขนาด 750 โวลต์ จำนวน 7 สถานี

1.4.2 กำหนดให้ระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉินของขบวนรถไฟฟ้าที่ติดตั้งระบบสามารถกัก เก็บพลังงานไฟฟ้าสำรองได้เพียงพอสำหรับขับเคลื่อนขบวนของตนเอง และแบ่งปันพลังงานไฟฟ้า

ให้แก่ขบวนรถไฟไฟฟ้าที่ไม่ได้ติดตั้งระบบอย่างน้อยอีกหนึ่งขบวน เพื่อเคลื่อนที่ไปยังสถานีผู้โดยสารที่ไกลที่สุดเมื่อเกิดสถานการณ์ไฟดับ

1.4.3 การจำลองพิจารณาเฉพาะการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุดฉุดและการเคลื่อนที่ของขบวนรถไฟไฟฟ้าในช่วงเกิดสถานการณ์ไฟดับ

1.4.4 การคำนวณและการจำลองแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดำเนินการด้วยโปรแกรม MATLAB

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 พัฒนาแบบจำลองระบบรถไฟไฟฟ้าขนส่งมวลชนที่มีการติดตั้งระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุดฉุดบนขบวนรถไฟไฟฟ้าบางขบวน

1.5.2 การจำลองกำหนดให้เกิดไฟดับระหว่างการเดินรถ หลังจากรถไฟไฟฟ้าทุกขบวนเข้าสู่เส้นทาง และสิ้นสุดเมื่อมีขบวนรถไฟไฟฟ้าขบวนใดขบวนหนึ่งเดินรถไป-กลับครบ 1 รอบ

1.5.3 จำลองและประเมินผลการเคลื่อนที่ของขบวนรถไฟไฟฟ้า การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุดฉุด และผลของการแบ่งปันพลังงานไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์ไฟดับที่กำหนด

1.5.4 การจำลองสิ้นสุดเมื่อกระบวนการแบ่งปันพลังงานไฟฟ้าจากขบวนรถไฟไฟฟ้าที่ติดตั้งระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุดฉุดไปยังขบวนรถไฟไฟฟ้าที่ไม่ได้ติดตั้งระบบเสร็จสิ้น โดยไม่พิจารณาการกู้คืนขบวนรถไฟไฟฟ้าที่อยู่นอกเงื่อนไขของกระบวนการดังกล่าว

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้แบบจำลองระบบรถไฟไฟฟ้าขนส่งมวลชนที่ติดตั้งระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุดฉุด ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์และประเมินสมรรถนะของระบบภายใต้สถานการณ์ไฟดับ

1.6.2 ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุดฉุดในระบบริไฟฟ้าขนส่งมวลชน ทั้งในด้านการทำงาน ข้อจำกัด และศักยภาพในการเพิ่มความสามารถในการรับมือกับสถานการณ์ไฟดับ

1.6.3 ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับกลยุทธ์การแบ่งปันพลังงานไฟฟ้าระหว่างขบวนรถไฟไฟฟ้า เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบและติดตั้งระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุดฉุดในระบบริไฟฟ้าขนส่งมวลชน

1.6.4 ผลการวิจัยและหลักแนวคิดที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือพัฒนาต่อยอดกับระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนประเภทอื่น หรือระบบขนส่งทางรางที่มีเงื่อนไขการเดินรถและการจ่ายพลังงานไฟฟ้าใกล้เคียงกัน

1.7 การจัดรูปเล่มวิทยานิพนธ์

โครงสร้างของงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วย 6 บท และ 4 ภาคผนวก ซึ่งมีรายละเอียดโดยย่อ ดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงปัญหาความเป็นมา วัตถุประสงค์ ข้อตกลงเบื้องต้น และขอบเขตของงานวิจัยวิทยานิพนธ์ ตลอดจนประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการงานวิจัยนี้

บทที่ 2 กล่าวถึงการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยวิทยานิพนธ์ 3 หัวข้อ ได้แก่ การจำลองระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนและการไหลกำลังไฟฟ้า การประยุกต์ใช้ระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉินในระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน และกลยุทธ์การแบ่งปันพลังงานไฟฟ้าในระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน เพื่อให้ทราบถึงหลักแนวคิดพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาและประยุกต์ใช้ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์ต่อไป

บทที่ 3 กล่าวถึงการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ โดยมุ่งเน้นในส่วนเนื้อหาสำคัญทั้งหมด 8 หัวข้อ ได้แก่ ระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนและระบบจ่ายไฟ พลวัตการเคลื่อนที่ในระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน เทคนิคการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนด้วยวิธีการฉีดกระแส ปัญหาไฟดับและผลกระทบที่เกิดขึ้นกับระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน ระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉิน แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน การแบ่งปันพลังงานไฟฟ้าในระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน และผลกระทบแรงดันไฟฟ้าตกและกำลังไฟฟ้าสูญเสียในโครงข่ายระบบจ่ายไฟ

บทที่ 4 กล่าวถึงการพัฒนาแบบจำลองระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนที่ติดตั้งระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉิน เพื่อนำไปใช้ในการประเมินผลการทำงานของระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉินในสถานการณ์ต่าง ๆ ในบทที่ 5 ต่อไป

บทที่ 5 กล่าวถึงการจำลองผลทดสอบสมรรถนะการทำงานของระบบขับเคลื่อนตัวเองฉุกเฉิน และการแบ่งปันพลังงานไฟฟ้าระหว่างขบวนรถไฟฟ้า เพื่อตรวจสอบการทำงาน การใช้พลังงานไฟฟ้า และประมวลผลสำหรับนำไปใช้ในการวิเคราะห์ระบบที่พัฒนาขึ้นต่อไป

บทที่ 6 กล่าวถึงการสรุป ประมวลผล และข้อเสนอแนะในการนำงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ไปต่อยอดในอนาคต

ภาคผนวก ก ข้อมูลจำเพาะของแบตเตอรี่และการออกแบบขนาด ESTS
ภาคผนวก ข การคำนวณระยะการแบ่งปันพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของ ESTS
ภาคผนวก ค ผลการทดสอบกลยุทธ์การแบ่งปันพลังงานไฟฟ้าด้วย ESTS
ภาคผนวก ง บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา