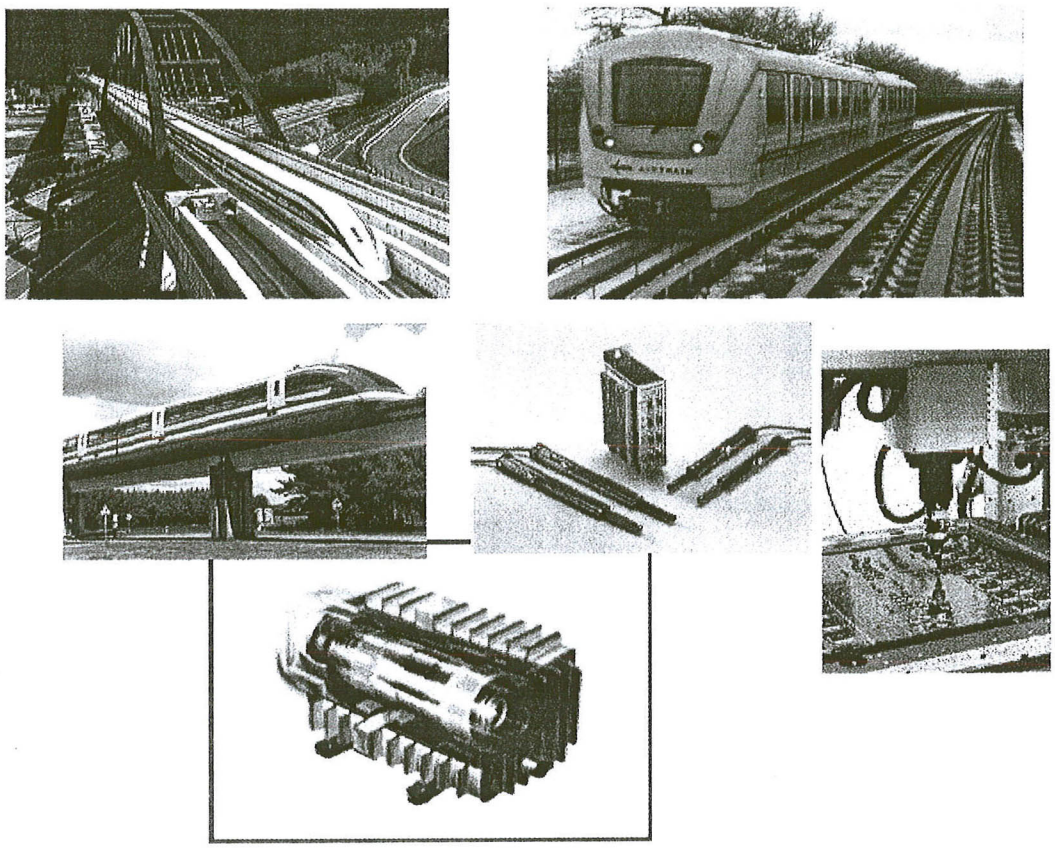
บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันราคาของน้ำมันเชื้อเพลิงมีแนวโน้มไทยถีบตัวสูงขึ้นเรื่อยๆ อีกทั้งมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์และรถจักรยานยนต์เป็นปริมาณมาก และมีจำนวนมากขึ้นทุกปี ผลกระทบอีกอย่างหนึ่งจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในคือ ปัญหาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์เหล่านั้น ก่อให้เกิดทั้งมลพิษทางอากาศ เป็นตัวบ่อนทำลายสุขภาพของผู้ใช้รถใช้ถนน ซึ่งถ้าหากยานพาหนะเหล่านั้นใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนจะทำให้ลดปัญหาด้านมลพิษ และสามารถประหยัดการใช้พลังงานได้มากกว่าการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

วิธีหนึ่งในการช่วยประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า คือการใช้รถไฟฟ้าในระบบขนส่งมวลชน แต่ว่ารถไฟฟ้าที่ใช้ในปัจจุบันเป็นรถไฟฟ้าสำหรับระบบขนส่งมวลชนขนาดใหญ่ [1] ไม่เหมาะสมต่อชุมชนขนาดเล็ก และใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนค่อนข้างสูง กลุ่มคณะวิจัยของโครงการนี้เล็งเห็นว่ารถไฟฟ้าขนาดเล็กเป็นสำหรับระบบขนส่งมวลชนขนาดย่อม เป็นโครงการที่ควรพิจารณาเพื่อช่วยแบ่งเบาภาระของระบบขนส่งมวลชนหลัก และเป็นการลดภาระในการใช้งบประมาณจำนวนมากในการนำเข้ารถไฟฟ้าขนาดใหญ่ด้วย

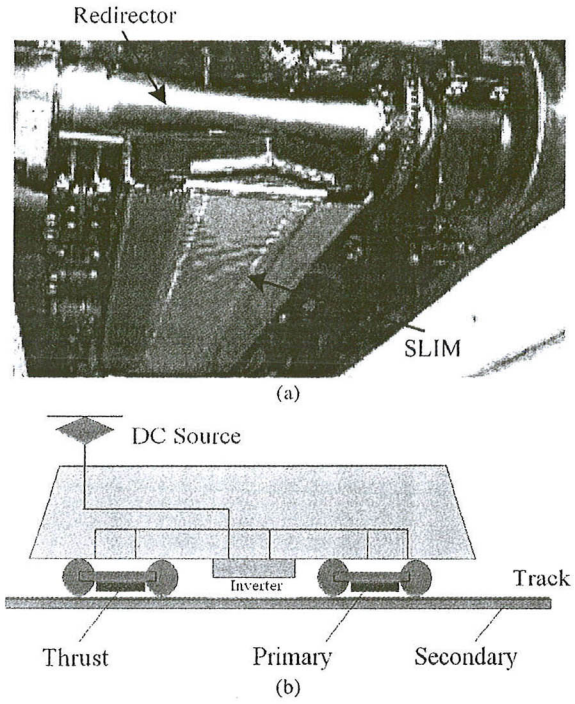
รถไฟฟ้าขนาดเล็กที่นำเสนอ สามารถใช้งานในระดับชุมชน ใช้การขับเคลื่อนจากมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบเชิงเส้น หรือ Linear Induction Motor (LIM) ถูกจัดอยู่ในกลุ่มเครื่องจักรกลชนิดพิเศษ ทำหน้าเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล พัฒนามาจากมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก (Squirrel-Cage Induction Motor) โดยออกแบบโครงสร้างใหม่ให้เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น มีข้อดีหลายประการเช่น ทนทาน และต้องการการซ่อมบำรุงน้อย เป็นต้น ปัจจุบันมีการนำ Linear Induction Motor มาใช้อย่างกว้างขวางเช่น ในระบบขนส่ง กระบวนการผลิต และระบบขับเคลื่อนทั้งแบบความเร็วต่ำและความเร็วสูง ตัวอย่างการใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นแสดงดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 การประยุกต์ใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้น

ปัจจุบันงานวิจัยที่เกี่ยวกับมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นที่ระบบขับเคลื่อนรถไฟฟ้าความเร็วสูงแบบยกตัวด้วยแรงแม่เหล็ก ที่เรียกว่า Magnetic Levitation (MAGLEV) Train ซึ่งสามารถเคลื่อนที่รถไฟฟ้าด้วยความเร็วที่สูงมาก เช่นเดียวกัน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้น ประยุกต์ในระบบขับเคลื่อนรถไฟฟ้านั้นมีมากมาย รวมถึงงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างระบบควบคุมของตัวมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นด้วย สำหรับในประเทศไทยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ยังมีน้อย ซึ่งอาจมีสาเหตุจากเทคโนโลยีการสร้างระบบขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นในรถไฟฟ้ามีมูลค่าในการลงทุนค่อนข้างสูง

ระบบขับเคลื่อนรถไฟฟ้าของโครงการวิจัยนี้จะเป็นแบบความเร็วต่ำ คือจะมีระบบล้อวิ่งบนราง แต่การขับเคลื่อนจะใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นเป็นตัวขับเคลื่อน ดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 โครงสร้างรถไฟฟ้าความเร็วต่ำขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้น [2]

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อทบทวนวรรณกรรม และข้อมูลเกี่ยวกับระบบขับเคลื่อนที่ใช้ในรถไฟฟ้าปัจจุบัน

1.2.2 เพื่อออกแบบระบบขับเคลื่อนเชิงเส้นด้วยแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับแบบจำลองรถไฟฟ้าระบบล้อและรางรถไฟฟ้า

1.2.3 เพื่อออกแบบรางรถไฟฟ้าของแบบจำลองให้เหมาะสมกับการขับเคลื่อนเชิงเส้นด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า

1.2.4 เพื่อสร้างระบบควบคุมการขับเคลื่อนเชิงเส้นสำหรับแบบจำลองรถไฟฟ้าระบบล้อและราง

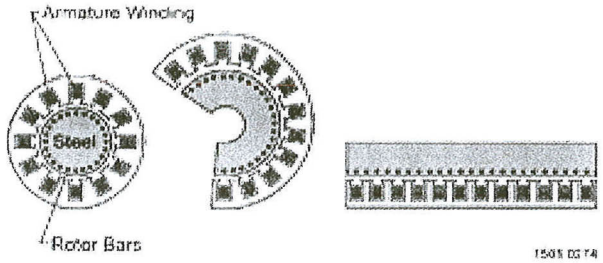
1.2.5 เพื่อทดสอบและวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการทำงานของระบบขับเคลื่อนและการควบคุมตำแหน่งหยุด ขณะแบบจำลองรถไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงภาระน้ำหนักบรรทุก

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

โดยทั่วไปรถไฟฟ้า MEGLEV ที่ใช้ในระบบขนส่งของประเทศเยอรมัน ญี่ปุ่น หรือแม้แต่ในเมืองเซี่ยงไฮ้ ประเทศจีน เป็นรถไฟฟ้าความเร็วสูงทำงานด้วยระบบขับเคลื่อนเชิงเส้นด้วยแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แต่สำหรับโครงการนี้ คณะวิจัยให้ความสนใจการประยุกต์ใช้หลักการมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้น (Linear Induction Motor) ในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้าความเร็วต่ำแบบระบบล้อและราง ซึ่งเป็นต้นแบบรถไฟฟ้าแบบ Pod Car โดยประยุกต์ใช้แทนที่การขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งเป็น

โครงการที่เคยมีอยู่แล้ว เนื่องจากระบบขับเคลื่อนเชิงเส้นสามารถควบคุมความเร็วของรถได้ดี และมีเสียงรบกวนขณะทำงานค่อนข้างต่ำกว่าแบบที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์

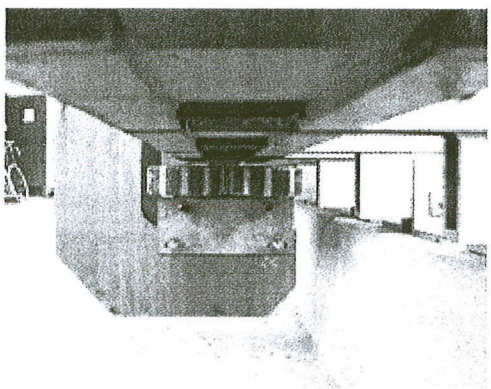
หลักการมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้น จะมีลักษณะคล้ายกับมอเตอร์เหนี่ยวนำทั่วไป แต่อยู่ในลักษณะแผ่ออกในแนวนอนดังแสดงในรูปที่ 1.3 ส่วนขดลวดสนามแม่เหล็กจะถูกพันด้วยขดลวด 3 เฟส ลงในร่อง Slot ส่วนขดลวดเคลื่อนที่มีลักษณะโครงสร้างเป็น Short Circuited Copper Bar หรือที่เรียกว่า Squirrel Cage Rotor



รูปที่ 1.3 โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำทั่วไป และมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้น

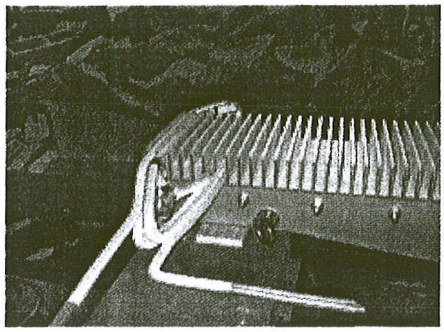
มอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นในรถไฟฟ้า อาจทำได้ทั้งแบบติดตั้งชุดขดลวดสนามแม่เหล็ก ไว้ที่ส่วนล่างของตัวรถไฟฟ้า หรือติดตั้งที่รางรถไฟฟ้าก็ได้ โดยชุดขดลวดส่วนเคลื่อนที่ซึ่งมีลักษณะคล้าย Squirrel Cage rotor ก็จะถูกติดตั้งไว้ที่ส่วนล่างของตัวรถ (หรือที่ราง) ตามลำดับ

ตัวอย่างการติดตั้งชุดขดลวดสนามแม่เหล็กไว้ที่ส่วนล่างของตัวรถไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 1.4 ทั้งนี้ส่วนของรางรถไฟฟ้าจะเป็นแบบ Shorted Circuit Copper Bar



รูปที่ 1.4 ตัวอย่างการวางตำแหน่งขดลวดสนามแม่เหล็กด้านล่างของตัวรถไฟฟ้า

ทั้งนี้ลักษณะแกนเหล็กของขดลวดสนามแม่เหล็กและการวางขดลวดในแกน ซึ่งปกติจะเป็นแบบที่ใช้กับระบบไฟฟ้า 3 เฟส แสดงดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 ตัวอย่างแกนเหล็กและการพันขดลวดสนามแม่เหล็ก

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1.4.1 ออกแบบสร้างมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นแบบ Single-Side Linear Induction Motor ขนาด 220/380 V. พิกัดไม่เกิน 500 W. ขั้วแม่เหล็กไม่เกิน 4 ขั้ว Reaction Plate หนาไม่เกิน 3 มม. พร้อมแบบจำลองรถไฟฟ้า และระบบขับเคลื่อนแบบจำลองรถไฟฟ้าที่ความเร็วต่ำ

1.4.2 ความเร็วของแบบจำลองรถไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 0.25 - 3 เมตร/วินาที และน้ำหนักรวมของแบบจำลองประมาณ 20 กิโลกรัม

1.4.3 ชุดขดลวดสนามแม่เหล็กอาจเป็นส่วนหนึ่งของตัวรถในแบบจำลองรถไฟฟ้าก็ได้

1.4.4 รางเป็นแบบวงรอบ หรือแบบแนวตรงก็ได้ โดยมีความยาวไม่เกิน 10 เมตร

1.4.5 จำลองการทำงานของระบบการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นโดยใช้โปรแกรม MALAB/SIMULINK เพื่อวิเคราะห์ผลการทำงาน

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้นของการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นการออกแบบสร้างมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้น แบบจำลองรถไฟฟ้า และระบบควบคุมความเร็วรถไฟฟ้าที่ความเร็วต่ำ ผ่านวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสและแผงวงจรประมวลผลสัญญาณควบคุม โดยจำลองผลการทำงานของระบบด้วยโปรแกรม MATLAB/SIMULINK เทียบกับผลการทดลองที่ได้จากระบบจริง พิกัดของมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นที่สร้างขึ้นแสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ข้อกำหนดการออกแบบมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้น

ค่าพารามิเตอร์	*ค่าในการออกแบบ*
กำลังเอาต์พุต	*1/3 แรงม้า*
แรงดันเฟส	*220 โวลต์*
จำนวนขั้วแม่เหล็ก	*2*
ความหนาของแผ่นอลูมิเนียม	*3 มิลลิเมตร*
ชนิดของมอเตอร์	*Single-Side Linear Induction Motor*

1.6 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.6.1 ทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับระบบรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

1.6.2 ศึกษา ค้นคว้า และเก็บรวมรวมข้อมูลการใช้งานของ Linear Motor ในประเทศไทย

1.6.3 ออกแบบแบบจำลองรถไฟฟ้าขนาดเล็กแบบระบบล้อและราง

1.6.4 ออกแบบชุดขดลวด Linear Motor สำหรับรถไฟฟ้า

1.6.5 จัดซื้ออุปกรณ์เพื่อสร้างแบบจำลองรถไฟฟ้าและราง

1.6.6 จัดสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลเบื้องต้น

1.6.7 ออกแบบต้นแบบชุดควบคุมระบบขับเคลื่อนเชิงเส้น

1.6.8 จัดซื้ออุปกรณ์และสร้างชุดควบคุมระบบ

1.6.9 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

1.6.10 จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

1.6.11 เผยแพร่งานวิจัย

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ทราบถึงหลักการในการสร้างระบบการขับเคลื่อนสำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้าความเร็วต่ำ สามารถในไปเป็นพื้นฐานในการศึกษาและเรียนรู้เรื่องการขับเคลื่อนของรถไฟฟ้าที่ใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นตัวขับเคลื่อน หรือระบบการขนส่งต่างๆที่ใช้หลักการเดียวกันได้

1.7.2 ทราบค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้น

1.7.3 ทราบหลักการควบคุมความเร็วรถไฟฟ้าความเร็วต่ำด้วยมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้น

1.7.4 สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปพัฒนาระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนขนาดเล็กได้

1.7.5 สามารถเผยแพร่งานวิจัยออกไปได้ในหลายรูปแบบ เช่น

- เผยแพร่บทความในงานประชุมวิชาการทั้งภายในและภายนอกประเทศ
- ใช้องค์ความรู้ในการเรียนการสอนได้ ทั้งในระดับปริญญาตรี และปริญญาโท
- ใช้เป็นชุดทดลองวิจัยสำหรับ นศ. ระดับปริญญาตรีและ ปริญญาโทได้