สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ค

บทคัดย่อภาษาไทย ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ จ

สารบัญตาราง ฌ

สารบัญภาพ ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 แนวทางการวิจัย 4
1.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
1.4 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 9
1.5 ขอบเขตของการศึกษา 9
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา เชิงทฤษฎี และ/หรือเชิงประยุกต์ 10

บทที่ 2 ตัวประกอบกำลังของคอนเวอร์ 11

2.1 บทนำ 11
2.2 นิยามและการวิเคราะห์ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 11
2.2.1 ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโหลดแบบเชิงเส้น 14
2.2.2 ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโหลดแบบไม่เป็นเชิงเส้น 15
2.3 การแก้ไขตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 18
2.3.1 การแก้ไขตัวประกอบกำลังแบบพาสซีฟ 19
2.3.2 การแก้ไขตัวประกอบกำลังแบบแอคทีฟ 20
2.4 เทคนิคการควบคุมการขับนำสวิตซ์ของคอนเวอร์เตอร์ 20

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5 สรุป 23

บทที่ 3 โครงสร้างและหลักการแก้ไขตัวประกอบกำลังของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่
สำหรับรถไฟฟ้าโดยใช้คอนเวอร์เตอร์แบบบัค–บูสต์ 24

3.1 บทนำ 24
3.2 การโครงสร้างของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่สำหรับรถไฟฟ้าโดยใช้
คอนเวอร์เตอร์แบบบัค-บูสต์ 24
3.3 การวิเคราะห์การทำงานคอนเวอร์เตอร์แบบบัค-บูสต์ 27
3.4 การออกแบบคอนเวอร์เตอร์แบบบัค-บูสต์ 30
3.5 หลักการควบคุมการปรับแก้ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 35
3.6 สรุป 38

บทที่ 4 การจำลองและผลการจำลองการทำงาน 39

4.1 บทนำ 39
4.2 การจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 39
4.3 ผลการจำลองการทำงานแบบไม่มีการปรับแก้ตัวประกอบกำลัง 41
4.3.1 ผลการจำลองการทำงานแบบไม่มีการปรับแก้ตัวประกอบกำลัง
ที่โหลด 100% 42
4.3.2 ผลการจำลองการทำงานแบบไม่มีการปรับแก้ตัวประกอบกำลัง
ที่โหลด 50% 43
4.4 ผลการจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลังโดยให้สวิตซ์กำลังทั้ง 3 ตัว
ทำงานพร้อมกัน 45
4.4.1 ผลการจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลังที่โหลด 100% 45
4.4.2 ผลการจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลังที่โหลด 50% 49
4.5 ผลการจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลังโดยให้สวิตซ์กำลังทำงาน
แบบอินเตอร์ลีฟ (Interleaved Technique) 52
4.5.1 ผลการจำลองการทำงานแบบอินเตอร์ลีฟที่โหลด 100% 52
4.5.2 ผลการจำลองการทำงานแบบอินเตอร์ลีฟที่โหลด 50% 55

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.6 การวิเคราะห์ผลการจำลอง 58
4.7 สรุป 59

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 60

5.1 สรุปผลการวิจัย 60
5.2 ข้อเสนอแนะ 60

เอกสารอ้างอิง 62

ภาคผนวก 65

ภาคผนวก ก 66
ภาคผนวก ข 68

ประวัติผู้เขียน 77

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตารางคุณสมบัติของอนุกรมฟูเรียร์โดยอาศัยหลักการสมมาตรของรูปคลื่น 13

ตารางที่ 4.1 ตารางพิกัดและพารามิเตอร์สำหรับระบบชาร์จแบตเตอรี่
โดยใช้บัค-บูสต์คอนเวอร์เตอร์ 40

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมระบบกำลังของรถไฟฟ้า 2
ภาพที่ 1.2 บล็อกไดอะแกรมการบูรณาการเครื่องชาร์จสำหรับรถไฟฟ้า 3
ภาพที่ 1.3 บล็อกไดอะแกรมการปรับแก้ตัวประกอบกำลังของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ โดยใช้คอนเวอร์เตอร์แบบบัค-บูสต์ 5
ภาพที่ 2.1 รูปคลื่นสัญญาณไซน์ 14
ภาพที่ 2.2 ระบบไฟฟ้าที่มีโหลดเป็นเชิงเส้น 14
ภาพที่ 2.3 ไดอะแกรมระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลัง 16
ภาพที่ 2.4 คลื่นกระแสและแรงดันในสภาวะคงตัวที่ผิดเพี้ยนไปจากรูปคลื่นไซน์ 16
ภาพที่ 2.5 วงจรการแก้ไขตัวประกอบกำลังไฟฟ้าแบบพาสซีฟ 19
ภาพที่ 2.6 วงจรการแก้ไขตัวประกอบกำลังไฟฟ้าแบบแอคทีฟ 19
ภาพที่ 2.7 การสร้างสัญญาณสวิตชิ่งจากการมอดูเลตความกว้างพัลส์ 20
ภาพที่ 2.8 การแก้ไขตัวประกอบกำลังไฟฟ้าด้วยโหมดการควบคุมแบบป้อนกลับ 22
ภาพที่ 3.1 โครงสร้างวงจรกำลังของรถไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์เหนี่ยวนำ 25
ภาพที่ 3.2 ระบบชาร์จแบตเตอรี่โดยใช้คอนเวอร์เตอร์แบบบัค–บูสต์ 25
ภาพที่ 3.3 ไดอะแกรมเทียบเคียงเครื่องชาร์จแบตเตอรี่โดยใช้คอนเวอร์เตอร์แบบบัค–บูสต์ 26
ภาพที่ 3.4 การทำงานของคอนเวอร์เตอร์แบบบัค-บูสต์สำหรับการชาร์จแบตเตอรี่ 27
ภาพที่ 3.5 คลื่นกระแสและแรงดันของบัค-บูสต์คอนเวอร์เตอร์ 28
ภาพที่ 3.6 คอนเวอร์เตอร์แบบบัค-บูสต์ 31
ภาพที่ 3.7 คลื่นกระแสและแรงดันของบัค-บูสต์คอนเวอร์เตอร์ 32
ภาพที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมการสร้างสัญญาณควบคุมบัค-บูสต์คอนเวอร์เตอร์ 36
ภาพที่ 3.9 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมแบบพีไอดี 37
ภาพที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมการจำลองการทำงาน 40
ภาพที่ 4.2 ผลการจำลองการทำงานแบบไม่มีการปรับแก้ตัวประกอบกำลังที่โหลด 100% 41
ภาพที่ 4.3 กระแสและแรงดันด้านอินพุตของการทำงานแบบไม่มีการปรับแก้ตัวประกอบกำลังที่โหลด 100% และสเปกตรัมฮาร์มอนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุต 42

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4.4 ผลการจำลองการทำงานแบบไม่มีการปรับแก้ตัวประกอบกำลังที่โหลด 100% 44
ภาพที่ 4.5 กระแสและแรงดันด้านอินพุตของการทำงานแบบไม่มีการปรับแก้ตัวประกอบกำลัง ที่โหลด 50% และสเปกตรัมฮาร์มอนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุต 45
ภาพที่ 4.6 ผลจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลังที่โหลด 100% 47
ภาพที่ 4.7 กระแสและแรงดันด้านอินพุตของผลจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลัง ที่โหลด 100% และสเปกตรัมฮาร์มอนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุต 45
ภาพที่ 4.8 ผลการจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลังที่โหลด 50% 49
ภาพที่ 4.9 กระแสและแรงดันด้านอินพุตของผลจำลองการปรับแก้ตัวประกอบกำลัง ที่โหลด 50% และสเปกตรัมฮาร์มอนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุต 51
ภาพที่ 4.10 ผลการจำลองการทำงานแบบอินเตอร์ลีฟที่โหลด 100% 52
ภาพที่ 4.11 กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวของการจำลองการทำงานแบบอินเตอร์ลีฟ ที่โหลดเต็ม 53
ภาพที่ 4.12 กระแสและแรงดันอินพุตของการจำลองการทำงานแบบอินเตอร์ลีฟ ที่โหลด 100% และสเปกตรัมฮาร์มอนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุต 54
ภาพที่ 4.13 ผลการจำลองการทำงานแบบอินเตอร์ลีฟที่โหลด 50% 55
ภาพที่ 4.14 กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวของการจำลองการทำงานแบบอินเตอร์ลีฟ ที่ครึ่งโหลด 56
ภาพที่ 4.15 กระแสและแรงดันอินพุตของการจำลองการทำงานแบบอินเตอร์ลีฟ ที่โหลด 50% และสเปกตรัมฮาร์มอนิกของคลื่นกระแสด้านอินพุต 57
ภาพที่ 4.16 วิเคราะห์ผลการจำลองการทำงานของบัค-บูสต์คอนเวอร์เตอร์ 58

ภาพที่ ก.1 วงจรกำลังการจำลองการทำงานโดยให้สวิตซ์กำลังทั้ง 3 ตัว ทำงานพร้อมกัน 66
ภาพที่ ก.2 วงจรควบคุมการจำลองการทำงานโดยให้สวิตซ์กำลังทั้ง 3 ตัว ทำงานพร้อมกัน 66
ภาพที่ ก.3 วงจรกำลังการจำลองการทำงานโดยให้สวิตซ์กำลัง ทำงานแบบอินเตอร์ลีฟ 67
ภาพที่ ก.4 วงจรควบคุมการจำลองการทำงานโดยให้สวิตซ์กำลัง ทำงานแบบอินเตอร์ลีฟ 67

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved