สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความนำ	4
2.2 การชดเชยกำลังไฟฟ้า	4
2.3 ความผิดพร่องในระบบไฟฟ้ากำลัง	5
2.4 ปัญหาทางด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้า	7
2.5 สรุป	9
บทที่ 3 การชดเชยกำลังไฟฟ้าด้วยดี-สแตตคอม สำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟส แบบสมมาตร	
3.1 ความนำ	10
3.2 แบบจำลองของดี-สแตตคอม สำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟส แบบสมมาตร	10
3.3 การออกแบบตัวชดเชยสถานะป้อนกลับในสภาวะชั่วครู่สำหรับดี-สแตตคอม	13
3.4 ผลการทดสอบตัวชดเชยสถานะป้อนกลับในสภาวะชั่วครู่สำหรับดี-สแตตคอม	15
3.5 การวิเคราะห์ความสามารถควบคุมได้และความสามารถสังเกตได้ของตัวชดเชยสถานะป้อนกลับสำหรับดี-สแตตคอม	20
3.6 สรุป	21
บทที่ 4 การชดเชยกำลังไฟฟ้าด้วยดี-สแตตคอม สำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟส แบบไม่สมมาตร	
4.1 ความนำ	23
4.2 แบบจำลองของดี-สแตตคอม สำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟส แบบไม่สมมาตร	23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 เทคนิคการตรวจจับแรงดันและกระแสไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 3 เฟส 24

4.4 การชดเชยกำลังไฟฟ้าด้วยดี-สแตตคอม สำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟส แบบไม่สมมาตร 29

4.5 ผลการทดสอบ 34

4.6 สรุป 52

บทที่ 5 การชดเชยกำลังไฟฟ้าด้วยดี-สแตตคอม ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า 22 กิโลโวลต์

5.1 ความนำ 53

5.2 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า 22 กิโลโวลต์ นครราชสีมา 2 (วงจร 10) 53

5.3 เทคนิคการลดทอนระบบไฟฟ้ากำลัง 55

5.4 การออกแบบตัวชดเชยกำลังไฟฟ้าด้วยดี-สแตตคอม สำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟส แบบสมมาตร 56

5.5 สรุป 64

บทที่ 6 กรณีศึกษา - การออกแบบตัวชดเชยดี-สแตตคอม สำหรับงานอุตสาหกรรม

6.1 ความนำ 65

6.2 ปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าของบริษัท ผาแดงอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) 65

6.3 การแก้ปัญหาด้วยตัวชดเชยดี-สแตตคอม 67

6.4 สรุป 71

บทที่ 7 สรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุป 72

7.2 ข้อเสนอแนะ 73

บรรณานุกรม 75

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ระบบทดสอบ ก-1

ภาคผนวก ข ผลผลิตจากงานวิจัย ข-1

ภาคผนวก ค ประวัตินักวิจัย ค-1

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สถิติการเกิดความผิดพร่องในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า 6

ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะแต่ละประเภทของปัญหาทางด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้า 8

ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบเปรียบเทียบแรงดันที่บัสโหลดในสภาวะผิดพร่อง เมื่อไม่มีตัวควบคุมกับมีตัวควบคุม 20

ตารางที่ 3.2 ผลการทดสอบเปรียบเทียบกระแสแหล่งจ่ายในสภาวะผิดพร่อง เมื่อไม่มีตัวควบคุมกับมีตัวควบคุม 20

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ของ MATLAB's GADS TOOLBOX ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดสามเฟสแบบสมมาตรที่บัส 4 38

ตารางที่ 4.2 ค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแบบพีในกรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดสามเฟสแบบสมมาตรที่บัส 4 38

ตารางที่ 4.3 ค่าพารามิเตอร์ของ MATLAB's GADS TOOLBOX ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดเฟสเดียวลงดินที่บัส 4 เฟส a 47

ตารางที่ 4.4 ค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแบบพีในกรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดเฟสเดียวลงดินที่บัส 4 เฟส a 47

ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบเปรียบเทียบแรงดันที่บัสโหลดในสภาวะผิดพร่อง เมื่อไม่มีตัวควบคุมกับมีตัวควบคุม 62

ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบเปรียบเทียบกระแสแหล่งจ่ายในสภาวะผิดพร่อง เมื่อไม่มีตัวควบคุมกับมีตัวควบคุม 62

ตารางที่ 6.1 รายละเอียดของโหลดต่าง ๆ ในแผนภาพหลักเส้นเดียวของโรงงานอย่างง่าย 69

ตารางที่ 6.2 โหลดรวมของดี-สแตตคอม 70

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 วงจรสมมูลของดี-สแตตคอม 5

รูปที่ 3.1 แบบจำลองของดี-สแตตคอม สำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟสแบบสมมาตร 10

รูปที่ 3.2 วงจรสมมูลของแบบจำลองดี-สแตตคอม สำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟสแบบสมมาตร 11

รูปที่ 3.3 การออกแบบระบบควบคุม 13

รูปที่ 3.4 โครงสร้างสถานะป้อนกลับ 14

รูปที่ 3.5 โครงสร้างของตัวชดเชยสถานะป้อนกลับสำหรับดี-สแตตคอม 15

รูปที่ 3.6 เปรียบเทียบแรงดันโหลดอ้างอิงกับที่จำลองผลได้ ในสภาวะผิดพร่อง (ไม่มีตัวควบคุม) 16

รูปที่ 3.7 เปรียบเทียบกระแสจากแหล่งจ่ายอ้างอิงกับที่จำลองผลได้ ในสภาวะผิดพร่อง (ไม่มีตัวควบคุม) 16

รูปที่ 3.8 แรงดันที่ดี-สแตตคอมจ่ายให้กับระบบ ในสภาวะผิดพร่อง (ไม่มีตัวควบคุม) 17

รูปที่ 3.9 เปรียบเทียบแรงดันโหลดอ้างอิงกับที่จำลองผลได้ ในสภาวะผิดพร่อง (มีตัวควบคุม) 18

รูปที่ 3.10 เปรียบเทียบกระแสจากแหล่งจ่ายอ้างอิงกับที่จำลองผลได้ ในสภาวะผิดพร่อง (มีตัวควบคุม) 18

รูปที่ 3.11 แรงดันที่ดี-สแตตคอมจ่ายให้กับระบบ ในสภาวะผิดพร่อง (มีตัวควบคุม) 19

รูปที่ 4.1 แบบจำลองของดี-สแตตคอม สำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟสแบบไม่สมมาตร 24

รูปที่ 4.2 การเก็บสะสมข้อมูลในหนึ่งคาบแบบหน้าต่างเลื่อน 25

รูปที่ 4.3 แผนภาพเวกเตอร์ขององค์ประกอบการแปลงพีคิวอาร์ 29

รูปที่ 4.4 โครงสร้างของตัวควบคุมแบบพี 30

รูปที่ 4.5 แผนภาพการรักษาระดับแรงดันโหลดด้วยวิธีค่ารากกำลังสองเฉลี่ยแบบไถล เมื่อเกิดการลัดวงจรชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 31

รูปที่ 4.6 แผนภาพการรักษาระดับแรงดันโหลดด้วยวิธีการแปลงพีคิวอาร์ เมื่อเกิดการลัดวงจรชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 31

รูปที่ 4.7 แผนภาพการรักษาระดับแรงดันโหลดด้วยวิธีการแปลงปาร์ก เมื่อเกิดการลัดวงจรชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 32

รูปที่ 4.8 แผนภาพการรักษาระดับแรงดันโหลดด้วยวิธีค่ารากกำลังสองเฉลี่ยแบบไถล เมื่อเกิดการลัดวงจรชนิดเฟสเดียวลงดิน 32

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.9 แผนภาพการรักษาระดับแรงดันโหลดด้วยวิธีการแปลงพีคิวอาร์ เมื่อเกิดการลัดวงจรชนิดเฟสเดียวลงดิน 33
รูปที่ 4.10 แผนภาพการรักษาระดับแรงดันโหลดด้วยวิธีการแปลงปาร์ก เมื่อเกิดการลัดวงจรชนิดเฟสเดียวลงดิน 33
รูปที่ 4.11 แรงดันเฟสที่โหลด กรณีไม่มีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจร ชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 35
รูปที่ 4.12 กระแสเฟสของแหล่งจ่าย กรณีไม่มีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจร ชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 35
รูปที่ 4.13 แรงดัน rms ที่โหลด กรณีไม่มีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจร ชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 36
รูปที่ 4.14 แรงดันโหลดที่ได้จากการแยกองค์ประกอบ p q และ r กรณีไม่มีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 36
รูปที่ 4.15 แรงดันโหลดที่ได้จากการแยกองค์ประกอบ 0 d และ q กรณีไม่มีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 37
รูปที่ 4.16 แรงดัน rms ที่โหลด กรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจร ชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 38
รูปที่ 4.17 แรงดันเฟสที่โหลด เมื่อใช้วิธีค่ารากกำลังสองเฉลี่ยแบบไถล กรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 39
รูปที่ 4.18 กระแสเฟสของแหล่งจ่าย เมื่อใช้วิธีค่ารากกำลังสองเฉลี่ยแบบไถล กรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 39
รูปที่ 4.19 แรงดันโหลดที่ได้จากการแยกองค์ประกอบ p q และ r กรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 40
รูปที่ 4.20 แรงดันเฟสที่โหลด เมื่อใช้วิธีการแปลงพีคิวอาร์ กรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 40
รูปที่ 4.21 กระแสเฟสของแหล่งจ่าย เมื่อใช้วิธีการแปลงพีคิวอาร์ กรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 41
รูปที่ 4.22 แรงดันโหลดที่ได้จากการแยกองค์ประกอบ 0 d และ q กรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 41

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.23 แรงดันเฟสที่โหลด เมื่อใช้วิธีการแปลงปาร์ก กรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 42
รูปที่ 4.24 กระแสเฟสของแหล่งจ่าย เมื่อใช้วิธีการแปลงปาร์ก กรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 42
รูปที่ 4.25 แรงดันเฟสที่โหลด กรณีไม่มีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดเฟสเดียวลงดิน 44
รูปที่ 4.26 กระแสเฟสของแหล่งจ่าย กรณีไม่มีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดเฟสเดียวลงดิน 44
รูปที่ 4.27 แรงดัน rms ที่โหลด กรณีไม่มีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดเฟสเดียวลงดิน 45
รูปที่ 4.28 แรงดันโหลดที่ได้จากการแยกองค์ประกอบ p q และ r กรณีไม่มีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดเฟสเดียวลงดิน 45
รูปที่ 4.29 แรงดันโหลดที่ได้จากการแยกองค์ประกอบ 0 d และ q กรณีไม่มีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดเฟสเดียวลงดิน 46
รูปที่ 4.30 แรงดัน rms ที่โหลด กรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดเฟสเดียวลงดิน 47
รูปที่ 4.31 แรงดันเฟสที่โหลด เมื่อใช้วิธีค่ารากกำลังสองเฉลี่ยแบบไถล กรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดเฟสเดียวลงดิน 48
รูปที่ 4.32 กระแสเฟสของแหล่งจ่าย เมื่อใช้วิธีค่ารากกำลังสองเฉลี่ยแบบไถล กรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดเฟสเดียวลงดิน 48
รูปที่ 4.33 แรงดันโหลดที่ได้จากการแยกองค์ประกอบ p q และ r กรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดเฟสเดียวลงดิน 49
รูปที่ 4.34 แรงดันเฟสที่โหลด เมื่อใช้วิธีการแปลงพีคิวอาร์ กรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดเฟสเดียวลงดิน 49
รูปที่ 4.35 กระแสเฟสของแหล่งจ่าย เมื่อใช้วิธีการแปลงพีคิวอาร์ กรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดเฟสเดียวลงดิน 50
รูปที่ 4.36 แรงดันโหลดที่ได้จากการแยกองค์ประกอบ 0 d และ q กรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดเฟสเดียวลงดิน 50
รูปที่ 4.37 แรงดันเฟสที่โหลด เมื่อใช้วิธีการแปลงปาร์ก กรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 51

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.38 กระแสเฟสของแหล่งจ่าย เมื่อใช้วิธีการแปลงปาร์ก กรณีมีตัวชดเชย ขณะเกิดการลัดวงจรชนิดสามเฟสแบบสมมาตร 51
รูปที่ 5.1 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า 22 กิโลโวลต์ ของสถานีนครราชสีมา 2 54
รูปที่ 5.2 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า 22 กิโลโวลต์ ของสถานีนครราชสีมา 2 (วงจร 10) 55
รูปที่ 5.3 วงจรไฟฟ้าแบบเชิงเส้นใด ๆ และวงจรสมมูลของเทวินิน 56
รูปที่ 5.4 การรวมโหลดที่บัส 54 57
รูปที่ 5.5 วงจรสมมูลเทวินินที่ใช้ในการจำลองผลสำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟสแบบสมมาตร 57
รูปที่ 5.6 เปรียบเทียบแรงดันโหลดอ้างอิงกับที่จำลองผลได้ ในสภาวะผิดพร่อง (ไม่มีตัวควบคุม) 58
รูปที่ 5.7 เปรียบเทียบกระแสจากแหล่งจ่ายอ้างอิงกับที่จำลองผลได้ ในสภาวะผิดพร่อง (ไม่มีตัวควบคุม) 58
รูปที่ 5.8 แรงดันที่ดี-สแตตคอมจ่ายให้กับระบบ ในสภาวะผิดพร่อง (ไม่มีตัวควบคุม) 59
รูปที่ 5.9 เปรียบเทียบแรงดันโหลดอ้างอิงกับที่จำลองผลได้ ในสภาวะผิดพร่อง (มีตัวควบคุม) 60
รูปที่ 5.10 เปรียบเทียบกระแสจากแหล่งจ่ายอ้างอิงกับที่จำลองผลได้ ในสภาวะผิดพร่อง (มีตัวควบคุม) 60
รูปที่ 5.11 แรงดันที่ดี-สแตตคอมจ่ายให้กับระบบ ในสภาวะผิดพร่อง (มีตัวควบคุม) 61
รูปที่ 6.1 แผนภาพหลักเส้นเดียวโรงงานของบริษัท ผาแดงอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) 66
รูปที่ 6.2 แผนภาพหลักเส้นเดียวของโรงงานอย่างง่าย 69
รูปที่ ก.1 ระบบทดสอบ 2 บัส ก-1
รูปที่ ก.2 ระบบทดสอบ 4 บัส ก-1
รูปที่ ก.3 ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า 22 กิโลโวลต์ นครราชสีมา 2 (วงจร 10) 131 บัส ก-2