ผลกระทบจากระบบการผลิตพลังงานร่วมต่อความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่าย

นาย ชัยณรงค์ ชิติธำรงชัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-331-398-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 18901323

IMPACT OF COGENERATION SYSTEMS ON DISTRIBUTION SYSTEM RELIABILITY

Mr. Chainarong Thitithamrongchai

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1998

ISBN 974-331-398-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบจากระบบการผลิตพลังงานร่วมต่อความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่าย
โดย	นาย ชัยณรงค์ ชิติธำรงชัย
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(คุณ ศิริ ตัณฑวัฒน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ไชยะ แช่มช้อย)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ชัยณรงค์ ชิดิธำรงชัย : ผลกระทบจากระบบการผลิตพลังงานร่วมต่อความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่าย (IMPACT OF COGENERATION SYSTEMS ON DISTRIBUTION SYSTEM RELIABILITY) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ ,180 หน้า. ISBN 974-331-398-2.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของระบบโคเจนเนอเรชันต่อค่าความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลัง โดยเริ่มจากการพัฒนาแบบจำลองของโคเจนเนอเรชันประเภทต่างๆ เพื่อใช้คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าจำลองเฉลี่ย ซึ่งเป็นค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยตลอดทั้งปีของโรงไฟฟ้า ที่ผลิตได้จากระบบโคเจนเนอเรชัน โดยคำนึงถึงลักษณะการจัดเรียงอุปกรณ์หลัก และสถิติการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ นอกจากนี้ยังได้ทำการพัฒนาเทคนิคการคำนวณผลกระทบค่าความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลัง ที่เกิดจากการเชื่อมต่อระบบโคเจนเนอเรชันเข้าสู่ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของระบบจำหน่าย โดยคำนึงถึงความสามารถในการถ่ายโอนโหลด หรือไม่สามารถถ่ายโอนโหลดของระบบจำหน่ายไฟฟ้าด้วย ซึ่งการถ่ายโอนโหลดดังกล่าวจะพิจารณา ทั้งในกรณีที่เกิดความสูญเสียโหลดทั้งหมด และกรณีที่เกิดความสูญเสียโหลดบางส่วน

ผลของการศึกษาทำให้ทราบถึงความสำคัญของความสูญเสียโหลดบางส่วน ซึ่งมีผลอย่างมากต่อค่าดัชนีความเชื่อถือได้ และตำแหน่งที่เหมาะสมของการเชื่อมต่อโคเจนเนอเรชันเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลัง นอกจากนี้ผลการทดสอบยังแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้โคเจนเนอเรชันในการลดภาระของการไฟฟ้าฯ อีกทั้งยังมีส่วนช่วยปรับปรุงความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลังให้ดีขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C815411 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD: RELIABILITY / COGENERATION / POWER GENERATION

CHAINARONG THITITHAMRONGCHAI : IMPACT OF COGENERATION SYSTEMS ON DISTRIBUTION SYSTEM RELIABILITY. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. BUNDHIT EUA-ARPORN,Ph.D. 180 pp. ISBN 974-331-398-2.

This thesis present a method of evaluating impact of cogeneration on distribution system reliability using developed cogeneration system models. The model is first employed to calculate fictitious average capacity of generating stations according to configuration and statistical operating performance of all major components. In addition, when a cogeneration is added to the distribution system buses, an improved computational technique for distribution system reliability evaluation has been developed, taking into account the effect of transferring or non-transferring loads, for the calculation of total loss of continuity and partial loss of continuity.

Results of the study show that partial loss of continuity has high influence on distribution system reliability indices, and an appropriate location of a cogeneration system. In addition, the test results show that cogeneration system can be used as an alternative scheme for improving distribution system reliability, and also reduce financial burden of power utilities from constructing new power plants.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ประสิทธิประสาทความรู้ ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยด้วยดีตลอดมา และได้กรุณาตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์จน สำเร็จเรียบร้อย และขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ได้แก่ คุณ ศิริ ตัณฑวัฒน์ อาจารย์ ไชยะ แช่มช้อย ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไข และให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี นอกจากนี้ขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ได้ให้ทุนในการทำวิจัยครั้งนี้

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา และนางสาว นิตยา สาริกขกุล ที่ได้สนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยอย่างสม่ำเสมอจนสำเร็จการศึกษา

ชัยณรงค์ ธิติธำรงชัย

กุมภาพันธ์ 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญรูปภาพ..... ณ

บทที่

1. บทนำทั่วไป..... 1
   1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
   1.2 วัตถุประสงค์..... 3
   1.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน..... 3
   1.4 ขอบเขตในการทำวิทยานิพนธ์..... 4
   1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4
   1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์..... 4
2. ความรู้พื้นฐานของระบบโคเจนเนอเรชัน..... 6
   2.1 โคเจนเนอเรชันคืออะไร..... 6
   2.2 การแบ่งประเภทของระบบโคเจนเนอเรชัน..... 9
      2.2.1 การแบ่งชนิดตามลำดับขั้นของการใช้พลังงาน..... 9
      2.2.2 การแบ่งชนิดโดยใช้ Prime mover เป็นเกณฑ์ 12
      2.2.3 การแบ่งชนิดโดย Operating scheme..... 16
   2.3 พารามิเตอร์ทางเทคนิคที่สำคัญในการเลือกระบบโคเจนเนอเรชัน.... 17
3. แบบจำลองโรงไฟฟ้า และเทคนิคการคำนวณ
   ค่ากำลังไฟฟ้าจำลองเฉลี่ยของโรงไฟฟ้า..... 21
   3.1 แบบจำลองโรงไฟฟ้า..... 21
      3.1.1 Station1:Topping Cycle Cogeneration with Steam
      Turbine (Unit Plant)..... 23

3.1.2 Station2:Topping Cycle Cogeneration with Steam Turbine (Range Plant)..... 28
3.1.3 Station3:Topping Cycle Cogeneration with Gas Turbine 29
3.1.4 Station4:Combined Cycle Cogeneration with Steam Turbine as Topping Cycle (Unit Plant)..... 29
3.1.5 Station5:Combined Cycle Cogeneration with Steam Turbine as Topping Cycle (Range Plant)..... 30
3.1.6 Station6:Combined Cycle Cogeneration with Steam Turbine as Bottoming Cycle (Unit Plant)..... 31
3.1.7 Station7:Combined Cycle Cogeneration with Steam Turbine as Bottoming Cycle (Range Plant)..... 32
3.1.8 Station8:Bottoming Cycle Cogeneration with Steam Turbine (Unit Plant)..... 33
3.1.9 Station9:Bottoming Cycle Cogeneration with Steam Turbine (Range Plant)..... 34
3.2 สรุปสมการที่ใช้ในการคำนวณกรณี Multi-State Unit แบบต่างๆ... 35
3.2.1 กรณี Two-identical repairable components..... 35
3.2.2 กรณี Three-identical repairable components..... 35
3.2.3 กรณี Two-dissimilar repairable components..... 36
3.2.4 กรณี Ternary model for repairable components..... 37
4. ตัวอย่างผลการคำนวณ และการวิเคราะห์แบบจำลองไฟฟ้า..... 38
4.1 ข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณ..... 38
4.2 ตัวอย่างการคำนวณแบบจำลองไฟฟ้า..... 40
4.3 สรุปผลการคำนวณ..... 54
5. เทคนิคการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่าย..... 58
5.1 แบบจำลองส่วนประกอบของระบบไฟฟ้า..... 59
5.1.1 แบบจำลองส่วนประกอบแบบทิศทางเดียว..... 60

5.1.2 แบบจำลองส่วนประกอบแบบสองทิศทาง..... 60
5.1.3 แบบจำลองโคเจนเนอเรชัน..... 60
5.1.4 แบบจำลองโหลด..... 61
5.2 เทคนิคการจำลองเหตุการณ์..... 61
5.3 การคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้กรณีที่เกิดความสูญเสียทั้งหมด... 63
5.4 การคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้กรณีที่เกิดความสูญเสียบางส่วน... 64
5.5 กราฟส่วนขยายช่วงเวลาโหลด..... 66
5.6 ผลกระทบจากการถ่ายโอนโหลดต่อค่าดัชนีความเชื่อถือได้..... 69
5.6.1 แบบจำลองระบบที่สามารถถ่ายโอนได้..... 70
5.6.2 เทคนิคการคำนวณ..... 71
5.7 สรุปขั้นตอนการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่าย... 73
6. ตัวอย่างผลการคำนวณ และการวิเคราะห์
ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่าย..... 76
6.1 ตัวอย่างการคำนวณ..... 76
6.1.1 ตัวอย่างกรณีระบบที่ไม่มี B.S.P. 76
6.1.2 ตัวอย่างกรณีระบบที่มี B.S.P. 83
7. สรุป และข้อเสนอแนะ..... 113
รายการอ้างอิง..... 114
ภาคผนวก
ก. ความรู้พื้นฐานในการคำนวณความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลัง..... 117
ก.1 วิธีการประมาณ..... 117
ก.2 ดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟฟ้า..... 120
ข. โปรแกรม Subtransmission..... 124
ค. ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ระบบทดสอบ RBTS BUS4..... 127
ประวัติผู้เขียน

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่

2.1 แสดงค่า Heat-to-Power Ratio พื้นฐานและค่าพารามิเตอร์อื่น ของระบบโคเจนเนอเรชัน..... 18

4.1 ข้อมูลพื้นฐานของหม้อไอน้ำ และ HRSG..... 38

4.2 ข้อมูลพื้นฐานของ Turbo-alternator ทั่วไป..... 38

4.3 ข้อมูลพื้นฐานของสถานีหม้อแปลง..... 39

4.4 ข้อมูลพื้นฐานของ Tie-branch..... 39

4.5 ข้อมูลพื้นฐานสำหรับ Turbo-alternator ที่มีแบบจำลอง 3 สถานะ..... 39

4.6 ข้อมูลพื้นฐานสำหรับ Turbo-alternator ที่มีแบบจำลอง 4 สถานะ..... 39

4.7 แสดง equivalent unit ของ turbo-alternator..... 40

4.8 แสดงตาราง COPT ของโรงไฟฟ้า..... 41

4.9 แสดง equivalent unit ของ turbo-alternator..... 44

4.10 แสดงตาราง COPT ของโรงไฟฟ้ากรณี two-state model..... 44

4.11 แสดงตาราง COPT ของโรงไฟฟ้า..... 45

4.12 สรุปผลการคำนวณโคเจนเนอเรชันเฉพาะกรณี Gas Turbine และ Steam Turbine... 54

4.13 สรุปผลการคำนวณโคเจนเนอเรชันเฉพาะกรณี Combined Cycle..... 54

6.1 แสดงข้อมูลบัส..... 77

6.2 แสดงข้อมูลส่วน ประกอบในระบบ..... 78

6.3 แสดง Feeder ของโหลดบัสในระบบ..... 78

6.4 แสดงจำนวนโหลดบัสในระบบ..... 78

6.5 แสดงดัชนีของโหลดบัส LP1 กรณี TLOC..... 79

6.6 แสดงดัชนีของโหลดบัส LP2 กรณี TLOC..... 79

6.7 แสดงดัชนีของโหลดบัส LP1 กรณี PLOC..... 79

6.8 แสดงดัชนีของโหลดบัส LP2 กรณี PLOC..... 80

6.9 แสดงดัชนีความเชื่อถือได้ของโหลดบัสกรณี TLOC 80

6.10 แสดงดัชนีความเชื่อถือได้ของโหลดบัสกรณี PLOC 80

6.11 แสดงดัชนีความเชื่อถือได้รวมของโหลดบัส..... 80
6.12 เปรียบเทียบผล Customer-Orientated Indices กรณี TLOC..... 80
6.13 เปรียบเทียบผล Customer-Orientated Indices กรณี PLOC..... 80
6.14 เปรียบเทียบผล Customer-Orientated Indices รวมทุกกรณี..... 80
6.15 แสดงข้อมูลบัส..... 85
6.16 แสดงข้อมูลส่วน ประกอบในระบบ..... 85
6.17 แสดง Feeder ของโหลดบัสในระบบ..... 86
6.18 แสดงลำดับความสำคัญของการถ่ายโอนโหลดของแต่ละโหลดบัส..... 87
6.19 แสดงจำนวนโหลดบัสในระบบ..... 87
6.20 ผลการคำนวณ TLOC indices for basecase without transfer load 88
6.21 ผลการคำนวณ PLOC indices for basecase without transfer load 88
6.22 ผลการคำนวณ Total indices for basecase without transfer load 88
6.23 ผลการคำนวณ TLOC indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 1..... 89
6.24 ผลการคำนวณ PLOC indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 1..... 90
6.25 ผลการคำนวณ Total indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 1..... 90
6.26 ผลการคำนวณ TLOC indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 2..... 91
6.27 ผลการคำนวณ PLOC indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 2..... 91
6.28 ผลการคำนวณ Total indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 2..... 92
6.29 ผลการคำนวณ TLOC indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 3..... 92
6.30 ผลการคำนวณ PLOC indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 3..... 93

6.31 ผลการคำนวณ Total indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 3..... 93
6.32 ผลการคำนวณ TLOC indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 4..... 94
6.33 ผลการคำนวณ PLOC indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 4..... 94
6.34 ผลการคำนวณ Total indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 4..... 95
6.35 ผลการคำนวณ TLOC indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 5..... 95
6.36 ผลการคำนวณ PLOC indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 5..... 96
6.37 ผลการคำนวณ Total indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 5..... 96
6.38 ผลการคำนวณ TLOC indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 6..... 97
6.39 ผลการคำนวณ PLOC indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 6..... 97
6.40 ผลการคำนวณ Total indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 6..... 98
6.41 ผลการคำนวณ TLOC indices for basecase with transfer load 98
6.42 ผลการคำนวณ PLOC indices for basecase with transfer load 99
6.43 ผลการคำนวณ Total indices for basecase with transfer load 99
6.44 ผลการคำนวณ TLOC indices for transferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 1..... 100
6.45 ผลการคำนวณ PLOC indices for transferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 1..... 100

6.46 ผลการคำนวณ Total indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 1..... 101
6.47 ผลการคำนวณ TLOC indices for transferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 2..... 101
6.48 ผลการคำนวณ PLOC indices for transferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 2..... 102
6.49 ผลการคำนวณ Total indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 2..... 102
6.50 ผลการคำนวณ TLOC indices for transferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 3..... 103
6.51 ผลการคำนวณ PLOC indices for transferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 3..... 103
6.52 ผลการคำนวณ Total indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 3..... 104
6.53 ผลการคำนวณ TLOC indices for transferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 4..... 104
6.54 ผลการคำนวณ PLOC indices for transferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 4..... 105
6.55 ผลการคำนวณ Total indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 4..... 105
6.56 ผลการคำนวณ TLOC indices for transferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 5..... 106
6.57 ผลการคำนวณ PLOC indices for transferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 5..... 106
6.58 ผลการคำนวณ Total indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 5..... 107
6.59 ผลการคำนวณ TLOC indices for transferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 6..... 107

6.60 ผลการคำนวณ PLOC indices for transferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 6..... 108
6.61 ผลการคำนวณ Total indices for nontransferable load system
เมื่อเพิ่มโคเจนเนอเรชันที่บัส 6..... 108
ค.1 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ TLOC สำหรับโหลดบัสหมายเลข 1
กรณีระบบที่ไม่สามารถถ่ายโอนโหลดได้..... 127
ค.2 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ TLOC สำหรับโหลดบัสหมายเลข 2
กรณีระบบที่ไม่สามารถถ่ายโอนโหลดได้..... 128
ค.3 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ TLOC สำหรับโหลดบัสหมายเลข 3
กรณีระบบที่ไม่สามารถถ่ายโอนโหลดได้..... 129
ค.4 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ PLOC สำหรับโหลดบัสหมายเลข 1
กรณีระบบที่ไม่สามารถถ่ายโอนโหลดได้..... 129
ค.5 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ PLOC สำหรับโหลดบัสหมายเลข 2
กรณีระบบที่ไม่สามารถถ่ายโอนโหลดได้..... 134
ค.6 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ PLOC สำหรับโหลดบัสหมายเลข 3
กรณีระบบที่ไม่สามารถถ่ายโอนโหลดได้..... 138
ค.7 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ TLOC (Total) สำหรับโหลดบัสหมายเลข 1
กรณีระบบที่สามารถถ่ายโอนโหลดได้..... 143
ค.8 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ TLOC (Substate) สำหรับโหลดบัสหมายเลข 1
กรณีระบบที่สามารถถ่ายโอนโหลดได้..... 144
ค.9 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ TLOC (Total) สำหรับโหลดบัสหมายเลข 2
กรณีระบบที่สามารถถ่ายโอนโหลดได้..... 148
ค.10 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ TLOC(Substate) สำหรับโหลดบัสหมายเลข 2
กรณีระบบที่สามารถถ่ายโอนโหลดได้..... 150
ค.11 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ TLOC (Total) สำหรับโหลดบัสหมายเลข 3
กรณีระบบที่สามารถถ่ายโอนโหลดได้..... 155
ค.12 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ TLOC(Substate) สำหรับโหลดบัสหมายเลข 3
กรณีระบบที่สามารถถ่ายโอนโหลดได้..... 156

ค.13 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ PLOC (Total) สำหรับโหนดบัสหมายเลข 1 กรณีระบบที่สามารถถ่ายโอนโหลดได้..... 159
ค.14 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ PLOC(Substate) สำหรับโหนดบัสหมายเลข 1 กรณีระบบที่สามารถถ่ายโอนโหลดได้..... 164

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

หน้าที่

รูปที่

2.1 แสดงระบบผลิตแบบแยกการผลิต และระบบการผลิตแบบโคเจนเนอเรชัน..... 7

2.2 ระบบโคเจนเนอเรชันแบบ Topping Cycle with Gas Turbine..... 10

2.3 ระบบโคเจนเนอเรชันแบบ Bottoming Cycle with Steam Turbine..... 11

2.4 แสดงไดอะแกรมของระบบโคเจนเนอเรชันแบบ Back-Pressure Turbine และ Extraction Condensing Turbine..... 12

2.5 ระบบโคเจนเนอเรชันแบบ Bottoming Cycle with fully-condensing steam turbine.. 13

2.6 แสดงไดอะแกรมของระบบโคเจนเนอเรชันแบบ Combined Cycle..... 15

3.1 แบบจำลองโรงไฟฟ้า Topping Cycle Cogeneration with Steam Turbine (Unit Plant)..... 23

3.2 แบบจำลองโรงไฟฟ้า Topping Cycle Cogeneration with Steam Turbine (Range Plant)..... 28

3.3 แบบจำลองโรงไฟฟ้า Topping Cycle Cogeneration with Gas Turbine 29

3.4 แบบจำลองโรงไฟฟ้า Combined Cycle Cogeneration with Steam Turbine as Topping Cycle (Unit Plant)..... 30

3.5 แบบจำลองโรงไฟฟ้า Combined Cycle Cogeneration with Steam Turbine as Topping Cycle (Range Plant)..... 30

3.6 แบบจำลองโรงไฟฟ้า Combined Cycle Cogeneration with Steam Turbine as Bottoming Cycle (Unit Plant)..... 31

3.7 แบบจำลองโรงไฟฟ้า Combined Cycle Cogeneration with Steam Turbine as Bottoming Cycle (Range Plant)..... 33

3.8 แบบจำลองโรงไฟฟ้า Bottoming Cycle Cogeneration with Steam Turbine (Unit Plant)..... 33

3.9 แบบจำลองโรงไฟฟ้า Bottoming Cycle Cogeneration with Steam Turbine (Range Plant)..... 34

3.11 กรณี Three-identical repairable components..... 35
3.12 กรณี Two-dissimilar repairable components..... 36
3.13 กรณี Ternary model for repairable components..... 37
4.1 แสดงระบบโคเจนเนอเรชันตัวอย่างที่ 1 40
4.2 แสดงระบบโคเจนเนอเรชันตัวอย่างที่ 3 46
4.3 แสดงระบบโคเจนเนอเรชันตัวอย่างที่ 5 47
4.4 แสดงระบบโคเจนเนอเรชันตัวอย่างที่ 7 48
4.5 แสดงระบบโคเจนเนอเรชันตัวอย่างที่ 11 49
4.6 แสดงระบบโคเจนเนอเรชันตัวอย่างที่ 15 50
4.7 แสดงระบบโคเจนเนอเรชันตัวอย่างที่ 19 51
4.8 แสดงระบบโคเจนเนอเรชันตัวอย่างที่ 23 52
4.9 แสดงระบบโคเจนเนอเรชันตัวอย่างที่ 25 53
4.10 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าจำฉองเฉลี่ยของโคเจนเนอเรชัน แบบต่างๆ ยกเว้นกรณีโคเจนเนอเรชันแบบความร้อนร่วม..... 55
4.11 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าจำฉองเฉลี่ยของโคเจนเนอเรชัน แบบความร้อนร่วม..... 55
4.12 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าจำฉองเฉลี่ยของโคเจนเนอเรชัน กรณี Turbo-alternator มีแบบจำฉองแบบสองสถานะ..... 56
5.1 แบบจำฉองส่วนประกอบแบบทิศทางเดียว..... 60
5.2 แบบจำฉองส่วนประกอบแบบสองทิศทาง..... 60
5.3 แบบจำฉองส่วนประกอบโคเจนเนอเรชัน..... 61
5.4 แบบจำฉองส่วนประกอบโหลด..... 61
5.5 แสดง state-space diagram ของ PLOC"..... 64
5.6 แสดงกราฟช่วงแวลาโหลดที่ใช้ในการคำนวณค่า L และ E 65
5.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงดีมานแบบรายชั่วโมง..... 67
5.8 state-space diagram ของแบบจำฉองกรณีระบบที่สามารถถ่ายโอนโหลดได้..... 70
5.9 แสดงแผนผังการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่าย..... 75
6.1 Single line diagram ของระบบทดสอบ..... 76

6.2 แสดงวิธีการเพิ่มส่วนประกอบจำลอง และสมมุติทิศการไหลของกำลังไฟฟ้าเริ่มต้น.... 77
6.3 Directional network flow diagram ของระบบทดสอบ..... 77
6.4 Single line diagram ของระบบ RBTS BUS4..... 83
6.5 Directional network flow diagram..... 84
6.6 Directional network flow diagram กรณีเพิ่มระบบโคเจนเนอเรชันที่บัส 1 84
6.7 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานที่ไม่สามารถจ่ายได้เมื่อ
พิจารณาเฉพาะผล TLOC สำหรับระบบที่ไม่มีการถ่ายโอนโหลด..... 109
6.8 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานที่ไม่สามารถจ่ายได้เมื่อ
พิจารณาเฉพาะผล TLOC สำหรับระบบที่มีการถ่ายโอนโหลด..... 109
6.9 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานที่ไม่สามารถจ่ายได้เมื่อ
พิจารณาเฉพาะผลรวมทั้งหมด สำหรับระบบที่ไม่มีการถ่ายโอนโหลด..... 110
6.10 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานที่ไม่สามารถจ่ายได้เมื่อ
พิจารณาเฉพาะผลรวมทั้งหมด สำหรับระบบที่มีการถ่ายโอนโหลด..... 110
ก.1 แสดงลักษณะอุปกรณ์ 2 ตัวที่ต่อแบบอนุกรม..... 117
ก.2 แสดงระบบขนานที่มีอุปกรณ์ 2 ตัวต่ออยู่..... 119

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย