ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
242426

การวางแผนและการดำเนินงานที่เหมาะสมของการจัดการกำลังรีแอกทีฟในระบบจำหน่ายไฟฟ้าด้วยวิธีกลุ่มอนุภาค

นายสุวิทย์ อัจริยะเมต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การวางแผนและการดำเนินงานที่เหมาะสมของการจัดการกำลังรีแอกทีฟในระบบจำหน่ายไฟฟ้าด้วยวิธีกลุ่มอนุภาค

โดย นายสุวิทย์ อัจริยะเมต

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

____________________ คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตย์วงษ์)

12 ตุลาคม 2553

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

____________________ ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพร สิริสำราญนุกุล)

____________________ กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรธรรม บุณยะกุล)

____________________ กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสตถิพงศ์ พิชัยสวัสดิ์)

____________________ กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัลลังก์ เนียมมณี)

____________________ กรรมการ
(ดร.ธงชัย มีนวล)

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
242426

การวางแผนและการดำเนินงานที่เหมาะสมของการจัดการกำลังรีแอกทีฟในระบบจำหน่ายไฟฟ้าด้วยวิธีกลุ่มอนุภาค

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

นายสุวิทย์ อัจริยะเมต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ	:	นายสุวิทย์ อัจริยะเมต
ชื่อวิทยานิพนธ์	:	การวางแผนและการดำเนินงานที่เหมาะสมของการจัดการกำลังรีแอกทีฟในระบบจำหน่ายไฟฟ้าด้วยวิธีกลุ่มอนุภาค
สาขาวิชา	:	วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	:	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพร สิริสำราญนุกุล
ปีการศึกษา	:	2553

242426

บทคัดย่อ

การจัดการกำลังรีแอกทีฟสำหรับการวางแผนและดำเนินงานในระบบจำหน่ายไฟฟ้าเป็นงานสำคัญอย่างหนึ่งของผู้ให้บริการไฟฟ้าเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียและควบคุมขนาดแรงดันบัส การจัดการกำลังรีแอกทีฟประกอบด้วยปัญหาการติดตั้งตัวเก็บประจุและปัญหาการควบคุมแรงดัน/กำลังรีแอกทีฟ ปัญหาทั้งสองเป็นปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดเชิงการจัดซึ่งมีลักษณะเฉพาะบางประการที่ทำให้วิธีการหาค่าเหมาะที่สุดทั่วไปขาดประสิทธิภาพในการหาผลเฉลยเหมาะที่สุด วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการหาค่าเหมาะที่สุดด้วยกลุ่มอนุภาค (หรือเรียกอย่างย่อว่า วิธีกลุ่มอนุภาค) เพื่อแก้ปัญหาการติดตั้งตัวเก็บประจุและปัญหาการควบคุมแรงดัน/กำลังรีแอกทีฟ

เนื่องจากปริภูมิการค้นหาของปัญหาทั้งสองมีลักษณะเป็นภูมิภาพแบบหลายยอดของผลเฉลยเหมาะที่สุดเฉพาะที่ซึ่งกระจายอยู่ในหลายบริเวณของปริภูมิการค้นหา การใช้ขั้นตอนวิธีพื้นฐานของวิธีกลุ่มอนุภาคจึงอาจไม่สามารถหลุดพ้นจากผลเฉลยเหมาะที่สุดเฉพาะที่จุดใดจุดหนึ่ง โดยเฉพาะกรณีที่ค่าฟังก์ชันจุดประสงค์ของผลเฉลยเหมาะที่สุดวงกว้างและค่าฟังก์ชันจุดประสงค์ของผลเฉลยเหมาะที่สุดเฉพาะที่มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีกลุ่มอนุภาคเชิงปรับตัวเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าว โดยกระตุ้นกลุ่มอนุภาคให้ไปค้นหาผลเฉลยที่ดียิ่งขึ้นในบริเวณอื่นของปริภูมิการค้นหา วิธีการกระตุ้นกลุ่มอนุภาคสามารถทำได้สองวิธี วิธีแรก คือ กระตุ้นกลุ่มอนุภาคเมื่อถึงรอบการคำนวณที่กำหนด วิธีที่สอง คือ กระตุ้นกลุ่มอนุภาคเมื่อค่าฟังก์ชันจุดประสงค์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงครบตามจำนวนรอบที่กำหนด ผลจากกรณีศึกษาแสดงให้เห็นว่าวิธีกลุ่มอนุภาคเชิงปรับตัวสามารถให้ผลเฉลยที่ดีขึ้นเมื่อกระตุ้นกลุ่มอนุภาคได้อย่างเหมาะสม

วิทยานิพนธ์นี้นำขั้นตอนวิธีกลุ่มอนุภาคเชิงปรับตัวที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับ 1) ปัญหาการติดตั้งตัวเก็บประจุในระบบจำหน่ายสมดุลและระบบจำหน่ายไม่สมดุลซึ่งมีโหลดไม่เชิงเส้นต่ออยู่ในระบบ โดยนำค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันมาร่วมพิจารณา และ 2) ปัญหาการควบคุมแรงดัน/กำลังรีแอกทีฟในระบบจำหน่ายแบบจุดประสงค์เดียวและแบบหลายจุดประสงค์เชิงฟัซซี

242426

รวมทั้งยังนำไปใช้แก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องอีกสองหัวข้อ ได้แก่ การควบคุมแรงดัน/กำลังรีแอกทีฟในระบบจำหน่ายที่ติดตั้งแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว และการวางแผนกำลังรีแอกทีฟในระบบส่งด้วยตัวชดเชยวาร์แบบสถิตและตัวเก็บประจุอนุกรมควบคุมด้วยไทริสเตอร์ ผลที่ได้จากกรณีศึกษาทั้งหมดกับแบบจำลองระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและแบบจำลองระบบส่ง IEEE ขนาด 14 บัส แสดงให้เห็นว่าการจัดการกำลังรีแอกทีฟตามแนวทางที่ได้จากวิธีกลุ่มอนุภาคเชิงปรับตัวสามารถปรับปรุงสมรรถนะและประสิทธิภาพของระบบให้ดียิ่งขึ้นเมื่อประเมินด้วยผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์จากการลดลงของกำลังไฟฟ้าสูญเสีย โดยที่ยังสอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับทางด้านเทคนิคและด้านการทำงานซึ่งเกิดจากความต้องการของระบบและอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 179 หน้า)

คำสำคัญ : การจัดการกำลังรีแอกทีฟ การติดตั้งตัวเก็บประจุ การควบคุมแรงดัน/กำลังรีแอกทีฟ วิธีการหาค่าเหมาะที่สุดด้วยกลุ่มอนุภาค ระบบจำหน่าย

สมชาย ศิริวิราฒนกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Name : Mr.Suwit Auchariyamet

Thesis Title : Optimal Planning and Operation of Reactive Power Management in Distribution Systems by Particle Swarm Optimization

Major Field : Electrical Engineering

King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Thesis Advisor : Assistant Professor Dr.Somporn Sirisumrannukul

Academic Year : 2010

242426

Abstract

Reactive power management for planning and operation in distribution systems is one of the main important tasks for electric power utilities to decrease active power losses and to improve system voltage profiles. Reactive power management consists of capacitor placement problem and volt/VAr control problem. Both problems are classified as combinatorial optimization problems with distinctive characteristics where most conventional optimization tools are sometimes inefficient to search for an optimal solution. A particle swarm optimization (PSO) method is applied in this thesis to solve the capacitor placement and volt/VAr control problems.

Since both problems feature a multimodal landscape of locally optimal solutions scattering throughout the search space, the use of a conventional PSO algorithm would get trapped at local optimums, particularly in cases where globally optimal solutions are slightly different from locally optimal solutions. For this reason, an adaptive PSO is proposed to remedy this drawback of conventional PSO with attempt to seek for better solutions at some other regions in the search space by two different strategies. First, the particles are repeatedly activated with a fixed number of iterations. Second, progress toward a better solution is tried when no improvement solution is observed over the course of iterations. A comparative study reveals that the proposed adaptive PSO is able to improve optimal solution when it is implemented with proper numbers of activation.

In this thesis, the developed adaptive PSO is primarily applied to solve 1) capacitor placement problem in balanced and unbalanced loading distribution systems including nonlinear loads in which the total harmonic distortion should be realized, and 2) single objective and fuzzy multiobjective volt/VAr control problem. The developed methodology is also extended to accommodate another two related issues: 1) volt/VAr control in distribution systems in the presence

242426

of distributed generations and 2) reactive power planning in transmission systems with static VAr compensator (SVC) and thyristor controlled series capacitors (TCSC). Case studies for the aforementioned problems were carried out by a modified distribution system of Provincial Electricity Authority, Thailand, and a modified IEEE 14-bus system. The simulation results of all the case studies indicate that the proper reactive power management strategies obtained from the proposed adaptive PSO succeeds in helping improve the overall performance and efficiency of the utilities evaluated in terms of economic benefit from the savings of active power losses while satisfying a number of technical and functional constraints imposed by the systems and associated devices.

(Total 179 pages)

Keywords : Reactive Power Management, Capacitor Placement, Volt/VAr Control, Particle Swarm Optimization, Distribution Systems

Somporn Sirisumrannukul. Advisor

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพร สิริสำราญนุกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์สำหรับการให้ความรู้และคำแนะนำต่างๆ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี รวมทั้งขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านสำหรับข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่างๆ

ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ ดร.นงลักษณ์ ปานเกิดดี คุณสุมาลัย ศรีกำไลทอง และคุณพิศมัย เจนวนิชปัญจกุล อดีตผู้บริหารแห่งสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ซึ่งเป็นสถานที่ทำงานปัจจุบันของผู้วิจัย ทั้งสามท่านเป็นผู้ส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้วิจัยได้มีโอกาสศึกษาในระดับปริญญาโทและปริญญาเอกเพื่อเพิ่มพูนความรู้สำหรับการทำงาน รวมทั้งยังเป็นแบบอย่างที่ดีให้แก่ผู้วิจัยในเรื่องความตั้งใจและความทุ่มเทในการทำงาน

ขอขอบคุณครอบครัว มารดา คุณเสวียง ไกรเดช ภรรยา คุณรจนา อัจริยะเมต และบุตรชาย เด็กชายศุภวิชญ์ อัจริยะเมต สำหรับกำลังใจระหว่างการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ คุณศรีรัตน์ จิตรัตน์ คุณอาผู้ซึ่งวางพื้นฐานการศึกษาให้แก่ผู้วิจัยเมื่อวัยเด็ก ขอขอบคุณผู้บังคับบัญชา พี่ น้อง และเพื่อนทุกคนในสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย สำหรับคำแนะนำและกำลังใจ รวมทั้งขอขอบคุณทุกๆ คนซึ่งไม่สามารถกล่าวถึงในที่นี้ได้ทั้งหมด

ค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการศึกษาครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนรัฐบาลกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประเภททุนพัฒนาข้าราชการ ซึ่งศูนย์ประสานงานนักเรียนทุนรัฐบาลทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ศนวท.) โดยคุณสมชาย อินจอหอ เป็นผู้ดูแลและประสานงาน การวิจัยครั้งนี้ยังได้รับทุนอุดหนุนบางส่วนจากทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์สำหรับนักศึกษาบัณฑิตศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ประโยชน์ใดๆ จากวิทยานิพนธ์ ขอมอบแด่บิดาซึ่งเสียชีวิตขณะผู้วิจัยมีอายุ 9 เดือน และไม่มีโอกาสได้เห็นความสำเร็จในครั้งนี้ รวมทั้งขอมอบแด่ครูและอาจารย์ทุกท่านแห่งโรงเรียนอนุบาลระยอง โรงเรียนระยองวิทยาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่มีเมตตาอบรมสั่งสอนและให้ความรู้แก่ผู้วิจัยมาตั้งแต่เด็กจนถึงปัจจุบัน

สุวิทย์ อัจริยะเมต

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฒ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตการวิจัย	4
1.4 วิธีการวิจัย	4
1.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย	5
1.6 ประโยชน์ของการวิจัย	5
1.7 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์	5
บทที่ 2 วิธีหาผลเฉลยของปัญหาการจัดการกำลังรีแอกทีฟในระบบจำหน่าย	7
2.1 รูปแบบของปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดในเชิงคณิตศาสตร์	7
2.2 ลักษณะของปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุด	8
2.3 ลักษณะของผลเฉลยในปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุด	9
2.4 กลวิธีหาผลเฉลยเพื่อแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุด	10
2.5 การหาผลเฉลยของปัญหาการจัดการกำลังรีแอกทีฟในระบบจำหน่าย	12
บทที่ 3 วิธีการหาค่าเหมาะที่สุดด้วยกลุ่มอนุภาค	17
3.1 แนวคิดของวิธีการหาค่าเหมาะที่สุดด้วยกลุ่มอนุภาค	17
3.2 ขั้นตอนวิธีพื้นฐานของวิธีกลุ่มอนุภาค	18
3.3 พารามิเตอร์ในขั้นตอนวิธีพื้นฐานของวิธีกลุ่มอนุภาค	23
3.4 การแปรผันของขั้นตอนวิธีกลุ่มอนุภาค	24
3.5 ขั้นตอนวิธีกลุ่มอนุภาคแบบทวิภาค	27
3.6 ข้อดีและข้อด้อยของวิธีกลุ่มอนุภาค	28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การประยุกต์ใช้วิธีกลุ่มอนุภาคกับปัญหาการจัดการกำลังรีแอกทีฟ 29

4.1 การประยุกต์ใช้วิธีกลุ่มอนุภาคกับปัญหาการติดตั้งตัวเก็บประจุ 29

4.2 การประยุกต์ใช้วิธีกลุ่มอนุภาคกับปัญหาการควบคุมแรงดัน/กำลังรีแอกทีฟ 36

4.3 การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิธีกลุ่มอนุภาคเพื่อแก้ปัญหาการจัดการกำลังรีแอกทีฟ 42

บทที่ 5 การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าและการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าเชิงฮาร์มอนิก 45

5.1 การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 45

5.2 ขั้นตอนวิธีคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายเฟสเดียว 47

5.3 ขั้นตอนวิธีคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายสามเฟส 50

5.4 ขั้นตอนวิธีคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าเชิงฮาร์มอนิกในระบบจำหน่ายเฟสเดียว 52

5.5 ขั้นตอนวิธีคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าเชิงฮาร์มอนิกในระบบจำหน่ายสามเฟส 55

บทที่ 6 วิธีกลุ่มอนุภาคเชิงปรับตัวกับปัญหาการจัดการกำลังรีแอกทีฟ 59

6.1 ลักษณะเฉพาะของปริภูมิการค้นหาในปัญหาการจัดการกำลังรีแอกทีฟ 59

6.2 หลักการของวิธีกลุ่มอนุภาคเชิงปรับตัว 60

6.3 ขั้นตอนการหาผลเฉลยของวิธีกลุ่มอนุภาคเชิงปรับตัว 62

6.4 ตัวอย่างการใช้วิธีกลุ่มอนุภาคเชิงปรับตัวเพื่อแก้ปัญหาการติดตั้งตัวเก็บประจุ 63

บทที่ 7 การติดตั้งตัวเก็บประจุในระบบจำหน่าย 73

7.1 การติดตั้งตัวเก็บประจุในระบบจำหน่ายสมดุล 73

7.2 การติดตั้งตัวเก็บประจุในระบบจำหน่ายไม่สมดุล 83

บทที่ 8 การควบคุมแรงดัน/กำลังรีแอกทีฟในระบบจำหน่าย 99

8.1 การควบคุมแรงดัน/กำลังรีแอกทีฟแบบจุดประสงค์เดียว 99

8.2 การควบคุมแรงดัน/กำลังรีแอกทีฟแบบหลายจุดประสงค์ 110

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 9 การควบคุมแรงดัน/กำลังรีแอกทีฟในระบบจำหน่ายที่ติดตั้งแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว	129
9.1 บทนำ	129
9.2 การกำหนดฟังก์ชันจุดประสงค์และเงื่อนไขบังคับ	130
9.3 ข้อมูลแบบจำลองระบบจำหน่าย	132
9.4 ข้อมูลการคำนวณ	132
9.5 การใช้วิธีกลุ่มอนุภาคเชิงปรับตัวในการแก้ปัญหา	135
9.6 กรณีศึกษาที่พิจารณา	136
9.7 ผลที่ได้จากกรณีศึกษา	137
บทที่ 10 การวางแผนกำลังรีแอกทีฟในระบบส่ง	145
10.1 บทนำ	145
10.2 แบบจำลองสำหรับตัวชดเชยวาร์แบบสถิต	146
10.3 แบบจำลองสำหรับตัวเก็บประจุอนุกรมควบคุมด้วยไทริสเตอร์	147
10.4 การกำหนดฟังก์ชันจุดประสงค์และเงื่อนไขบังคับ	148
10.5 ข้อมูลแบบจำลองระบบส่ง	150
10.6 ข้อมูลการคำนวณ	152
10.7 การใช้วิธีกลุ่มอนุภาคเชิงปรับตัวในการแก้ปัญหา	152
10.8 กรณีศึกษาที่พิจารณา	153
10.9 ผลที่ได้จากกรณีศึกษา	154
บทที่ 11 สรุปและข้อเสนอแนะ	161
บรรณานุกรม	165
ภาคผนวก ก	175
รายชื่อบทความที่นำเสนอในวารสารและการประชุมวิชาการ	176
ประวัติผู้วิจัย	179

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
6-1	ข้อมูลระดับโหลดของระบบจำหน่ายขนาด 85 บัส	65
6-2	ผลที่ได้จากการติดตั้งตัวเก็บประจุในระบบจำหน่าย 85 บัส	67
7-1	ข้อมูลสายป้อนของแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S1	76
7-2	ข้อมูลโหลดของแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S1	76
7-3	ข้อมูลระดับโหลดสำหรับแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S1	77
7-4	ผลเฉลยสำหรับการติดตั้งตัวเก็บประจุในกรณีศึกษาที่ 2	78
7-5	ผลเฉลยสำหรับการติดตั้งตัวเก็บประจุในกรณีศึกษาที่ 3	78
7-6	สรุปผลการคำนวณของกรณีศึกษาการติดตั้งตัวเก็บประจุ	79
7-7	ข้อมูลสายป้อนของแบบจำลองระบบจำหน่าย KLS05_S1	85
7-8	ข้อมูลโหลดของแบบจำลองระบบจำหน่าย KLS05_S1	86
7-9	ข้อมูลระดับโหลดสำหรับแบบจำลองระบบจำหน่าย KLS05_S1	86
7-10	กรณีศึกษาสำหรับการติดตั้งตัวเก็บประจุในระบบจำหน่ายไม่สมดุล	88
7-11	ค่าที่ใช้พิจารณาความสอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับ	92
7-12	ปริมาณกำลังรีแอกทีฟรวมทั้งสามเฟสของการติดตั้งตัวเก็บประจุ	93
7-13	กำลังไฟฟ้าสูญเสียก่อนและหลังติดตั้งตัวเก็บประจุ	94
7-14	เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าสูญเสียและมูลค่าพลังงานไฟฟ้าสูญเสีย	95
7-15	ค่าใช้จ่ายรวมของแต่ละกรณีศึกษา	96
8-1	ข้อมูลสายป้อนของแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S2	102
8-2	ข้อมูลโหลดของแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S2	103
8-3	ข้อมูลระดับโหลดสำหรับแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S2	103
8-4	ข้อมูลตัวเก็บประจุที่ติดตั้งในแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S2	104
8-5	ตารางการทำงานสำหรับกรณีศึกษาที่ 2	105
8-6	ตารางการทำงานสำหรับกรณีศึกษาที่ 3	105
8-7	การเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าสูญเสียของทุกกรณีศึกษา	109
8-8	ข้อมูลสายป้อนของแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S3	118
8-9	ข้อมูลโหลดของแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S3	118
8-10	ข้อมูลระดับโหลดสำหรับแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S3	119

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
8-11	ข้อมูลตัวเก็บประจุที่ติดตั้งในแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S3	120
8-12	ข้อมูลของระบบเมื่อไม่มีการควบคุมแรงดัน/กำลังรีแอกทีฟ	121
8-13	ตารางการทำงานของกรณีศึกษาที่ 1	122
8-14	ตารางการทำงานของกรณีศึกษาที่ 2	122
8-15	ผลการควบคุมแรงดัน/กำลังรีแอกทีฟของกรณีศึกษาที่ 1	123
8-16	ผลการควบคุมแรงดัน/กำลังรีแอกทีฟของกรณีศึกษาที่ 2	123
8-17	เปรียบเทียบผลการควบคุมแรงดัน/กำลังรีแอกทีฟ	123
8-18	ค่าภาวะสมาชิกของหัวข้อต่างๆในกรณีศึกษาทั้งสอง	124
9-1	ข้อมูลสายป้อนของแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S4	133
9-2	ข้อมูลโหลดของแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S4	133
9-3	ข้อมูลระดับโหลดสำหรับแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S4	134
9-4	ข้อมูลตัวเก็บประจุที่ติดตั้งในแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S4	134
9-5	ข้อมูลแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว	135
9-6	ตารางการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมในกรณีศึกษาที่ 2 และ 3	137
9-7	ตารางการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมในกรณีศึกษาที่ 4	137
9-8	ตารางการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมในกรณีศึกษาที่ 5	138
9-9	ตารางการทำงานของแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวในกรณีศึกษาที่ 5	138
9-10	ค่าฟังก์ชันจุดประสงค์ของกรณีศึกษาทั้งหมด	138
10-1	ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับคำนวณค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง	149
10-2	ข้อมูลบัสควบคุมแรงดันสำหรับแบบจำลองระบบส่ง T14_S1	150
10-3	ข้อมูลโหลดสำหรับแบบจำลองระบบส่ง T14_S1	151
10-4	ข้อมูลสายส่งของแบบจำลองระบบส่ง T14_S1	151
10-5	รายละเอียดการติดตั้งตัวชดเชยวาร์แบบสถิต	154
10-6	รายละเอียดการติดตั้งตัวเก็บประจุอนุกรมควบคุมด้วยไทริสเตอร์	154
10-7	ผลจากกรณีศึกษาทั้งหมด	155

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	ค่าสูงสุดวงกว้าง ค่าสูงสุดเฉพาะที่ ค่าต่ำสุดวงกว้าง และค่าต่ำสุดเฉพาะที่	10
2-2	ตัวอย่างวิธีหาผลเฉลยในกลุ่มเทคนิคการค้นหาเชิงกำหนด	11
3-1	ผังงานสำหรับขั้นตอนวิธีพื้นฐานของวิธีกลุ่มอนุภาค	22
5-1	ตัวอย่างโครงสร้างระบบจำหน่ายแบบเรเดียล	46
6-1	การลู่เข้าสู่ผลเฉลยของกรณีศึกษาที่ 1	68
6-2	การลู่เข้าสู่ผลเฉลยของกรณีศึกษาที่ 2	68
6-3	การลู่เข้าสู่ผลเฉลยของกรณีศึกษาที่ 3	68
6-4	การลู่เข้าสู่ผลเฉลยของกรณีศึกษาที่ 4	69
6-5	การลู่เข้าสู่ผลเฉลยของกรณีศึกษาที่ 5	70
7-1	ลักษณะโครงสร้างแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S1	75
7-2	ขนาดแรงดันบัสที่ระดับโหลดต่ำ	80
7-3	ขนาดแรงดันบัสที่ระดับโหลดปานกลาง	80
7-4	ขนาดแรงดันบัสที่ระดับโหลดสูง	80
7-5	ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันที่ระดับโหลดต่ำ	81
7-6	ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันที่ระดับโหลดปานกลาง	81
7-7	ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันที่ระดับโหลดสูง	81
7-8	ลักษณะโครงสร้างแบบจำลองระบบจำหน่าย KLS05_S1	85
7-9	ค่าต่ำสุดของแรงดันบัสก่อนติดตั้งตัวเก็บประจุ	89
7-10	ค่าสูงสุดของความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันก่อนติดตั้งตัวเก็บประจุ	89
7-11	กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ระดับโหลดปรกติก่อนติดตั้งตัวเก็บประจุ	90
7-12	กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ระดับโหลดสูงก่อนติดตั้งตัวเก็บประจุ	90
7-13	พลังงานไฟฟ้าสูญเสียในรอบหนึ่งปีก่อนติดตั้งตัวเก็บประจุ	91
7-14	มูลค่าพลังงานไฟฟ้าสูญเสียในรอบหนึ่งปีก่อนติดตั้งตัวเก็บประจุ	91
7-15	ปริมาณกำลังรีแอกทีฟรวมทั้งสามเฟสของการติดตั้งตัวเก็บประจุ	93
7-16	ร้อยละที่ลดลงของพลังงานไฟฟ้าสูญเสีย	95

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
7-17	ร้อยละที่ลดลงของมูลค่าพลังงานไฟฟ้าสูญเสีย	96
7-18	ร้อยละที่ลดลงของค่าใช้จ่ายรวม	97
8-1	ลักษณะโครงสร้างแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S2	102
8-2	ขนาดแรงดันบัสในกรณีศึกษาที่ 1	106
8-3	ขนาดแรงดันบัสในกรณีศึกษาที่ 2	106
8-4	ขนาดแรงดันบัสในกรณีศึกษาที่ 3	106
8-5	ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันในกรณีศึกษาที่ 1	107
8-6	ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันในกรณีศึกษาที่ 2	107
8-7	ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันในกรณีศึกษาที่ 3	107
8-8	ค่าตัวประกอบกำลังของกรณีศึกษาทั้งสาม	108
8-9	พลังงานไฟฟ้าสูญเสียของกรณีศึกษาทั้งสาม	110
8-10	ตัวอย่างฟังก์ชันภาวะสมาชิกในทฤษฎีเซตฟัซซี	112
8-11	ฟังก์ชันภาวะสมาชิกที่ใช้ในการคำนวณ	116
8-12	ลักษณะโครงสร้างแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S3	117
8-13	ขนาดแรงดันบัสเมื่อไม่มีการควบคุมแรงดัน/กำลังรีแอกทีฟ	121
8-14	ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันเมื่อไม่มีการควบคุมแรงดัน/ กำลังรีแอกทีฟ	122
8-15	ขนาดแรงดันบัสในกรณีศึกษาที่ 1	124
8-16	ขนาดแรงดันบัสในกรณีศึกษาที่ 2	124
8-17	ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันในกรณีศึกษาที่ 1	125
8-18	ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันในกรณีศึกษาที่ 2	125
9-1	ลักษณะโครงสร้างแบบจำลองระบบจำหน่าย KWA06_S4	132
9-2	ขนาดแรงดันบัสในกรณีศึกษาที่ 1	139
9-3	ขนาดแรงดันบัสในกรณีศึกษาที่ 2	139
9-4	ขนาดแรงดันบัสในกรณีศึกษาที่ 3	139
9-5	ขนาดแรงดันบัสในกรณีศึกษาที่ 4	140
9-6	ขนาดแรงดันบัสในกรณีศึกษาที่ 5	140

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
9-7	ค่าตัวประกอบกำลังของกรณีศึกษาทั้งหมด	140
9-8	พลังงานไฟฟ้าสูญเสียของกรณีศึกษาทั้งหมด	141
10-1	แบบจำลองสำหรับตัวชดเชยวาร์แบบสถิต	147
10-2	แบบจำลองสำหรับตัวเก็บประจุอนุกรมควบคุมด้วยไทริสเตอร์	148
10-3	แบบจำลองระบบส่ง T14_S1	150
10-4	ขนาดแรงดันบัสเมื่อไม่มีการวางแผนกำลังรีแอกทีฟ	155
10-5	แรงดันบัสของกรณีศึกษาการติดตั้งตัวชดเชยวาร์แบบสถิต	155
10-6	แรงดันบัสของของกรณีศึกษาการติดตั้งตัวเก็บประจุอนุกรมควบคุมด้วยไทริสเตอร์	156
10-7	มูลค่าพลังงานไฟฟ้าสูญเสียของกรณีศึกษาทั้งหมด	156
10-8	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ของกรณีศึกษาทั้งหมด	156
10-9	ค่าใช้จ่ายรวมของกรณีศึกษาทั้งหมด	157

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

δ	ค่าคงที่สำหรับกำหนดความเร็วสูงสุดของอนุภาค
φ	ค่าคงที่สำหรับกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การบีบตัว
θ_{in}	ค่ามุมของ Y_{in}
θ_{i}	ค่ามุมของแรงดัน V_{i}
θ_{n}	ค่ามุมของแรงดัน V_{n}
θ_{i}^{j}	ค่ามุมของแรงดัน V_{i}^{j}
θ_{n}^{j}	ค่ามุมของแรงดัน V_{n}^{j}
$\theta_{i,j}^{p}$	ค่ามุมของแรงดัน $V_{i,j}^{p}$
$\theta_{n,j}^{m}$	ค่ามุมของแรงดัน $V_{n,j}^{m}$
ρ_{i}	ร้อยละความไม่เป็นเชิงเส้นของโหลดที่บัส i
ρ_{i}^{A}	ร้อยละความไม่เป็นเชิงเส้นของโหลดในเฟส A ที่บัส i
ρ_{i}^{B}	ร้อยละความไม่เป็นเชิงเส้นของโหลดในเฟส B ที่บัส i
ρ_{i}^{C}	ร้อยละความไม่เป็นเชิงเส้นของโหลดในเฟส C ที่บัส i
μ_{E}	ค่าภาวะสมาชิกสำหรับพลังงานไฟฟ้าสูญเสีย
μ_{V}	ค่าภาวะสมาชิกสำหรับขนาดแรงดันบัส
μ_{THD}	ค่าภาวะสมาชิกสำหรับความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดัน
μ_{pf}	ค่าภาวะสมาชิกสำหรับตัวประกอบกำลังของระบบ
μ_{SW}	ค่าภาวะสมาชิกสำหรับจำนวนครั้งในการเปลี่ยนสถานะการทำงานของอุปกรณ์ควบคุม
$\overline{BC}$	เวกเตอร์แถว (Row Vector) แสดงหมายเลขบัสที่ติดตั้งตัวเก็บประจุ
$\overline{B}_{SVC}$	เวกเตอร์แถวแสดงหมายเลขบัสที่ติดตั้งตัวชดเชยวาร์แบบสถิต
B_{in}^{pm}	ค่าซัสเซปแตนซ์ (Susceptance) ระหว่างเฟส p กับเฟส m ของสมาชิกตำแหน่งที่ in ในเมทริกซ์แอดมิตแตนซ์บัสแบบสามเฟส (m และ p = A, B และ C)
BC_{t}	หมายเลขบัสลำดับที่ t ของการติดตั้งตัวเก็บประจุ
BS_{t}	หมายเลขบัสลำดับที่ t ของการติดตั้งตัวชดเชยวาร์แบบสถิต
$\mathbf{c}$	เมทริกซ์จากกิ่งถึงปม
$\mathbf{c}^{t}$	การสลับเปลี่ยน (Transpose) เมทริกซ์จากกิ่งถึงปม

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$\overline{CF}$	เวกเตอร์แถวแสดงสถานะการทำงานของตัวเก็บประจุในสายป้อน
$\overline{CS}$	เวกเตอร์แถวแสดงสถานะการทำงานของตัวเก็บประจุที่สถานีไฟฟ้าย่อย
$\overline{CF}_n$	เวกเตอร์แถวแสดงสถานะการทำงานของตัวเก็บประจุในสายป้อนตัวที่ n ในทุกระดับโหลด
$\overline{CS}_m$	เวกเตอร์แถวแสดงสถานะการทำงานของตัวเก็บประจุที่สถานีไฟฟ้าย่อยตัวที่ m ในทุกระดับโหลด
C_k	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งตัวเก็บประจุที่บัส k
CF_n^j	สถานะการทำงานของตัวเก็บประจุในสายป้อนตัวที่ n ที่ระดับโหลด j
CF_n^{j-1}	สถานะการทำงานของตัวเก็บประจุในสายป้อนตัวที่ n ที่ระดับโหลด $j-1$
$CF_n^{\max}$	สถานะการทำงานสูงสุดของตัวเก็บประจุในสายป้อนตัวที่ n
CS_m^j	สถานะการทำงานของตัวเก็บประจุที่สถานีไฟฟ้าย่อยตัวที่ m ที่ระดับโหลด j
CS_m^{j-1}	สถานะการทำงานของตัวเก็บประจุที่สถานีไฟฟ้าย่อยตัวที่ m ที่ระดับโหลด $j-1$
$CS_m^{\max}$	สถานะการทำงานสูงสุดของตัวเก็บประจุที่สถานีไฟฟ้าย่อยตัวที่ m
c_1, c_2	สัมประสิทธิ์ความเร่งในขั้นตอนวิธีกลุ่มอนุภาค
c_g^j	ราคารับซื้อพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยของแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวตัวที่ g ที่ระดับโหลด j
D	จำนวนมิติของอนุภาค
$\mathbf{F}$	ปริภูมิการค้นหาที่เป็นไปได้
F	ค่าฟังก์ชันจุดประสงค์
$FACT$	ระบบส่งกำลังไฟฟ้าแบบยืดหยุ่น (Flexible AC Transmission System)
$f()$	ฟังก์ชันจุดประสงค์
$\mathbf{Gbest}^t$	อนุภาคซึ่งมีตำแหน่งดีที่สุดในการคำนวณรอบที่ t
$\mathbf{Gbest}_{aug}^t$	อนุภาคซึ่งมีตำแหน่งดีที่สุดในการคำนวณรอบที่ t ซึ่งถูกเพิ่มขนาดปรากฏ
G_{in}^{pm}	ค่าความนำ (Conductance) ระหว่างเฟส p กับเฟส m ของสมาชิกตำแหน่งที่ in ในเมทริกซ์แอดมิตแตนซ์บัสแบบสามเฟส (m และ p = A, B และ C)
$g_j(\vec{x})$	เงื่อนไขบังคับแบบอสมการลำดับที่ j
$gbest_d^t$	ค่าในมิติที่ d ของ $\mathbf{Gbest}^t$
h	ฮาร์มอนิกอันดับ h

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$h_k(\vec{x})$	เงื่อนไขบังคับแบบสมการลำดับที่ k
$\mathbf{I}_b$	เมทริกซ์แสดงค่ากระแสกิ่ง (Branch Current) ของทุกกิ่ง
$\mathbf{I}_{b,k}^{ABC}$	เมทริกซ์แสดงค่ากระแสในเฟส A, B, และ C ของกิ่ง k
$\mathbf{I}_L$	เมทริกซ์แสดงค่ากระแสโหลด (Load Current) ของทุกบัส
$\mathbf{I}_{L,i}^{ABC}$	เมทริกซ์แสดงค่ากระแสโหลดในเฟส A, B, และ C ที่บัส i
$\mathbf{I}^h$	เมทริกซ์แสดงค่ากระแสฮาร์มอนิกอันดับ h ของทุกบัส
$\mathbf{I}_i^{h,ABC}$	เมทริกซ์แสดงค่ากระแสฮาร์มอนิกอันดับ h ในเฟส A, B, และ C ที่บัส i
$I_{b,k}$	กระแสซึ่งไหลในกิ่ง k
$I_{b,k}^A$	กระแสที่ไหลในเฟส A ของกิ่ง k
$I_{b,k}^B$	กระแสที่ไหลในเฟส B ของกิ่ง k
$I_{b,k}^C$	กระแสที่ไหลในเฟส C ของกิ่ง k
$I_{L,i}$	กระแสโหลดที่บัส i
$I_{L,i}^A$	กระแสโหลดในเฟส A ที่บัส i
$I_{L,i}^B$	กระแสโหลดในเฟส B ที่บัส i
$I_{L,i}^C$	กระแสโหลดในเฟส C ที่บัส i
I_i^h	กระแสฮาร์มอนิกอันดับ h ที่บัส i
$I_i^{h,A}$	กระแสฮาร์มอนิกอันดับ h ในเฟส A ที่บัส i
$I_i^{h,B}$	กระแสฮาร์มอนิกอันดับ h ในเฟส B ที่บัส i
$I_i^{h,C}$	กระแสฮาร์มอนิกอันดับ h ในเฟส C ที่บัส i
ICF_m	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ระบบส่งกำลังไฟฟ้าแบบยืดหยุ่นที่ตำแหน่ง m
J	ค่าตัดสินใจฟัซซี (Fuzzy Decision Value) ของผลเฉลย
$\mathbf{K}$	เมทริกซ์แสดงการต่อของกิ่งและวิถี (Branch-path Incidence Matrix)
K	สัมประสิทธิ์การบีบตัวในขั้นตอนวิธีกลุ่มอนุภาค
k_P	ราคาต่อหน่วยของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ระดับโหลดสูงสุด
k_e	ราคาต่อหน่วยของพลังงานไฟฟ้าสูญเสีย
k_e^j	ราคาต่อหน่วยของพลังงานไฟฟ้าสูญเสียที่ระดับโหลด j

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

k_{cf}	ราคาต่อหน่วยของการติดตั้งตัวเก็บประจุชนิดค่าคงที่
k_{cs}	ราคาต่อหน่วยของการติดตั้งตัวเก็บประจุชนิดปรับค่าได้
$\overline{L}_{TCSC}$	เวกเตอร์แถวแสดงหมายเลขสายส่งที่ติดตั้งตัวเก็บประจุอนุกรมควบคุมด้วยไทริสเตอร์
L	จำนวนเงื่อนไขบังคับแบบสมการ
LT_t	หมายเลขสายส่งลำดับที่ t ที่ติดตั้งตัวเก็บประจุอนุกรมควบคุมด้วยไทริสเตอร์
M	จำนวนเงื่อนไขบังคับแบบอสมการ
m	หมายเลขของตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ระบบส่งกำลังไฟฟ้าแบบยืดหยุ่น
$\mathbf{N}(\vec{x}_N^*)$	เซตข้างเคียงของ $\vec{x}_N^*$
NC	เซตของหมายเลขบัสสำหรับติดตั้งตัวเก็บประจุ
NF	เซตของตำแหน่งสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ระบบส่งกำลังไฟฟ้าแบบยืดหยุ่น
NCf	เซตของหมายเลขบัสสำหรับติดตั้งตัวเก็บประจุชนิดค่าคงที่
NCs	เซตของหมายเลขบัสสำหรับติดตั้งตัวเก็บประจุชนิดปรับค่าได้
$\mathbf{NC_T}$	เซตของหมายเลขบัสที่ไม่อนุญาตให้ติดตั้งตัวเก็บประจุ
N	จำนวนตัวแปรตัดสินใจ
NB	จำนวนบัสทั้งหมดในระบบ
NC	จำนวนสมาชิกของเซต **NC**
NF	จำนวนสมาชิกของเซต **NF**
NL	จำนวนกิ่งทั้งหมดในระบบ
N_{tap}	จำนวนครั้งในการเปลี่ยนสถานะการทำงานของตัวเปลี่ยนจุดแยกหม้อแปลง
N_{tap}^k	จำนวนครั้งในการเปลี่ยนสถานะการทำงานของตัวเปลี่ยนจุดแยกหม้อแปลง เมื่อควบคุมตามตารางการทำงานที่ k
N_{CS}^k	จำนวนครั้งในการเปลี่ยนสถานะการทำงานของตัวเก็บประจุที่สถานีไฟฟ้าย่อย ทั้งหมดเมื่อควบคุมตามตารางการทำงานที่ k
N_{CF}^k	จำนวนครั้งในการเปลี่ยนสถานะการทำงานของตัวเก็บประจุในสายป้อนทั้งหมด เมื่อควบคุมตามตารางการทำงานที่ k
$N_{CS,m}$	จำนวนครั้งในการเปลี่ยนสถานะการทำงานของตัวเก็บประจุที่สถานีไฟฟ้าย่อย ตัวที่ m

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$N_{CF,n}$	จำนวนครั้งในการเปลี่ยนสถานะการทำงานของตัวเก็บประจุในสายป้อนตัวที่ n
$N_{tap}^{\max}$	จำนวนครั้งสูงสุดสำหรับการเปลี่ยนสถานะทำงานของตัวเปลี่ยนจุดแยกหม้อแปลง
$N_{CF}^{\max}$	จำนวนครั้งสูงสุดสำหรับการเปลี่ยนสถานะทำงานของตัวเก็บประจุในสายป้อน
$N_{CS}^{\max}$	จำนวนครั้งสูงสุดสำหรับการเปลี่ยนสถานะทำงานของตัวเก็บประจุที่สถานีไฟฟ้าย่อย
n	จำนวนอนุภาคทั้งหมดในกลุ่มอนุภาค
nh	อันดับฮาร์มอนิกสูงสุดที่พิจารณา
nt	จำนวนรอบสูงสุดของการคำนวณในขั้นตอนวิธีกลุ่มอนุภาค
ncf	จำนวนตัวเก็บประจุในสายป้อน
ncs	จำนวนตัวเก็บประจุที่สถานีไฟฟ้าย่อย
ndg	จำนวนแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว
$\mathbf{Pbest}^{t}$	ตำแหน่งดีที่สุดของแต่ละอนุภาคในการคำนวณรอบที่ t
$\mathbf{pbest}_i^{t}$	ตำแหน่งดีที่สุดของอนุภาคตัวที่ i ในการคำนวณรอบที่ t
$\overline{P}_{DG}$	เวกเตอร์แถวแสดงกำลังจริงจากแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว
$\overline{P}_{DG,g}$	เวกเตอร์แถวแสดงกำลังจริงจากแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวตัวที่ g
$P_{D,i}$	ความต้องการกำลังจริงของโหลดที่บัส i
$P_{D,i}^{A}$	ความต้องการกำลังจริงในเฟส A ของโหลดที่บัส i
$P_{D,i}^{B}$	ความต้องการกำลังจริงในเฟส B ของโหลดที่บัส i
$P_{D,i}^{C}$	ความต้องการกำลังจริงในเฟส C ของโหลดที่บัส i
P_i	กำลังจริงสุทธิของบัส i
P_i^{j}	กำลังจริงสุทธิของบัส i ที่ระดับโหลด j
$P_{i,j}^{p}$	กำลังจริงสุทธิในเฟส p ของบัส i ที่ระดับโหลด j (p = A, B และ C)
P_L^{P}	กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ระดับโหลดสูงสุด
P_L^{j}	กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ระดับโหลด j
$P_L^{j,k}$	กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ระดับโหลด j เมื่อควบคุมตามตารางการทำงานที่ k
$P_L^{j,0}$	กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ระดับโหลด j เมื่อไม่มีการควบคุมแรงดัน/กำลังรีแอกทีฟ
$P_L^{h,j}$	กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ฮาร์มอนิกอันดับ h ที่ระดับโหลด j

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$P_{L,k}^{h}$	กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ฮาร์มอนิกอันดับ h ของสายป้อนที่ k
$P_{DG,g}^{j}$	กำลังจริงจากแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวตัวที่ g ที่ระดับโหลด j
$P_{DG,g}^{\min}$	ค่าต่ำสุดของกำลังจริงจากแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวตัวที่ g
$P_{DG,g}^{\max}$	ค่าสูงสุดของกำลังจริงจากแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวตัวที่ g
P_{Loss}	กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ
P_{Loss}^{ABC}	กำลังไฟฟ้าสูญเสียรวมทั้งสามเฟสของระบบ
$pf_{sys}^{\min}$	ค่าขอบล่างที่ยอมรับได้สำหรับตัวประกอบกำลังของระบบ
pu	ค่าต่อหน่วย (Per Unit Value)
$pbest_{id}^{t}$	ค่าในมิติที่ d ของ $\mathbf{pbest}_{i}^{t}$
$\overline{Q}_{DG}$	เวกเตอร์แถวแสดงกำลังรีแอกทีฟจากแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว
$\overline{Q}_{DG,g}$	เวกเตอร์แถวแสดงกำลังรีแอกทีฟจากแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวตัวที่ g
$\overline{Q}_{SVC}$	เวกเตอร์แถวแสดงกำลังรีแอกทีฟจากตัวชดเชยวาร์แบบสถิตทุกตัว
$\overline{Qc}_{k}$	เวกเตอร์แถวแสดงกำลังรีแอกทีฟจากตัวเก็บประจุที่ติดตั้ง ณ บัส k
$\overline{Qc}_{t}$	เวกเตอร์แถวแสดงกำลังรีแอกทีฟจากตัวเก็บประจุซึ่งติดตั้ง ณ หมายเลขบัสลำดับที่ t
$Q_{D,i}$	ความต้องการกำลังรีแอกทีฟของโหลดที่บัส i
$Q_{D,i}^{A}$	ความต้องการกำลังรีแอกทีฟในเฟส A ของโหลดที่บัส i
$Q_{D,i}^{B}$	ความต้องการกำลังรีแอกทีฟในเฟส B ของโหลดที่บัส i
$Q_{D,i}^{C}$	ความต้องการกำลังรีแอกทีฟในเฟส C ของโหลดที่บัส i
$Q_{F,m}$	กำลังรีแอกทีฟจากอุปกรณ์ระบบส่งกำลังไฟฟ้าแบบยืดหยุ่นที่ตำแหน่งติดตั้ง m
Q_{i}	กำลังรีแอกทีฟสุทธิของบัส i
Q_{i}^{j}	กำลังรีแอกทีฟสุทธิของบัส i ที่ระดับโหลด j
$Q_{i,j}^{p}$	กำลังรีแอกทีฟสุทธิในเฟส p ของบัส i ที่ระดับโหลด j (p = A, B และ C)
$Q_{DG,g}^{\min}$	ค่าต่ำสุดของกำลังรีแอกทีฟจากแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวตัวที่ g
$Q_{DG,g}^{\max}$	ค่าสูงสุดของกำลังรีแอกทีฟจากแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวตัวที่ g
$Q_{SVC,m}$	กำลังรีแอกทีฟจากตัวชดเชยวาร์แบบสถิตที่บัส m
$Q_{SVC,t}$	กำลังรีแอกทีฟจากตัวชดเชยวาร์แบบสถิตซึ่งติดตั้ง ณ หมายเลขบัสลำดับที่ t

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$Q_{SVC}^{\min}$	ค่าต่ำสุดของกำลังรีแอกทีฟจากตัวชดเชยวาร์แบบสถิต
$Q_{SVC}^{\max}$	ค่าสูงสุดของกำลังรีแอกทีฟจากตัวชดเชยวาร์แบบสถิต
Qc_k^j	กำลังรีแอกทีฟจากตัวเก็บประจุ ณ บัส k ที่ระดับโหลด j
Qc_t^j	กำลังรีแอกทีฟจากตัวเก็บประจุซึ่งติดตั้ง ณ หมายเลขบัสลำดับที่ t ที่ระดับโหลด j
$Qc^{\max}$	ค่าสูงสุดของกำลังรีแอกทีฟจากตัวเก็บประจุที่ติดตั้ง ณ บัสใดๆ
$Qc_T^{\max}$	ค่าสูงสุดของกำลังรีแอกทีฟจากตัวเก็บประจุทั้งหมดในระบบ
Qcf_k	กำลังรีแอกทีฟจากตัวเก็บประจุชนิดค่าคงที่ที่บัส k
Qcs_k	กำลังรีแอกทีฟจากตัวเก็บประจุชนิดปรับค่าได้ที่บัส k
$\mathbf{R}_k^{ABC}$	เมทริกซ์แสดงค่าความต้านทานแบบสามเฟสของสายป้อนที่ k
$\mathbf{r}_1^t, \mathbf{r}_2^t$	เมทริกซ์ตัวเลขสุ่ม ซึ่งสมาชิกแต่ละตัวมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1
$\bar{r}_{TCSC}$	เวกเตอร์แถวแสดงระดับขั้นการชดเชยของตัวเก็บประจุอนุกรมควบคุมด้วยไทริสเตอร์
R_k	ค่าความต้านทานของสายป้อนที่ k
R_k^{AA}	ค่าความต้านทานในเฟส A ของสายป้อนที่ k
R_k^{BB}	ค่าความต้านทานในเฟส B ของสายป้อนที่ k
R_k^{CC}	ค่าความต้านทานในเฟส C ของสายป้อนที่ k
R_k^{AB}	ค่าความต้านทานร่วมระหว่างเฟส A กับเฟส B ของสายป้อนที่ k
R_k^{AC}	ค่าความต้านทานร่วมระหว่างเฟส A กับเฟส C ของสายป้อนที่ k
R_k^{BA}	ค่าความต้านทานร่วมระหว่างเฟส B กับเฟส A ของสายป้อนที่ k
R_k^{BC}	ค่าความต้านทานร่วมระหว่างเฟส B กับเฟส C ของสายป้อนที่ k
R_k^{CA}	ค่าความต้านทานร่วมระหว่างเฟส C กับเฟส A ของสายป้อนที่ k
R_k^{CB}	ค่าความต้านทานร่วมระหว่างเฟส C กับเฟส B ของสายป้อนที่ k
r_{id}	ตัวเลขสุ่มซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 สำหรับอนุภาคตัวที่ i ในมิติที่ d
$r_{1d}^t, r_{2d}^t, r_{3d}^t$	ตัวเลขสุ่มชุดที่ 1,2 และ 3 ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 สำหรับมิติที่ d ของอนุภาค
$r_{F,k}$	ค่าความต้านทานของสายป้อนที่ k
r_T	ค่าความต้านทานลัดวงจรของหม้อแปลงที่ความถี่หลักมูล
r_{TCSC}	ระดับขั้นการชดเชยของตัวเก็บประจุอนุกรมควบคุมด้วยไทริสเตอร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$r_{TCSC,m}$	ระดับขั้นการชดเชยของตัวเก็บประจุอนุกรมควบคุมด้วยไทริสเตอร์ในสายส่งหมายเลข m
$r_{TCSC,t}$	ระดับขั้นการชดเชยของตัวเก็บประจุอนุกรมควบคุมด้วยไทริสเตอร์ซึ่งติดตั้ง ณ หมายเลขสายส่งลำดับที่ t
$r_{TCSC}^{\min}$	ค่าต่ำสุดของระดับขั้นการชดเชยของตัวเก็บประจุอนุกรมควบคุมด้วยไทริสเตอร์
$r_{TCSC}^{\max}$	ค่าสูงสุดของระดับขั้นการชดเชยของตัวเก็บประจุอนุกรมควบคุมด้วยไทริสเตอร์
$\mathbf{S}$	ปริภูมิการค้นหา
S	จำนวนระดับโหลดทั้งหมดที่พิจารณา
SVC	ตัวชดเชยวาร์แบบสถิต
$sig()$	ฟังก์ชันซิกมอยด์
$\mathbf{THD}_V$	เมทริกซ์แสดงค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดัน
$\mathbf{THD}_{V,i}^{ABC}$	เมทริกซ์แสดงค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันในเฟส A, B, และ C ที่บัส i
$\overline{Tap}$	เวกเตอร์แถวแสดงตำแหน่งปรับตั้งของตัวเปลี่ยนจุดแยกหม้อแปลงที่ทุกระดับโหลด
T	ระยะเวลา (ชั่วโมง)
T^j	ระยะเวลาของระดับโหลด j
Tap^j	ตำแหน่งปรับตั้งของตัวเปลี่ยนจุดแยกหม้อแปลงที่ระดับโหลด j
Tap^{j-1}	ตำแหน่งปรับตั้งของตัวเปลี่ยนจุดแยกหม้อแปลงที่ระดับโหลด $j-1$
$Tap^{\min}$	ตำแหน่งปรับตั้งต่ำสุดของตัวเปลี่ยนจุดแยกหม้อแปลง
$Tap^{\max}$	ตำแหน่งปรับตั้งสูงสุดของตัวเปลี่ยนจุดแยกหม้อแปลง
$THD_{V,i}$	ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันที่บัส i
$THD_{V,i}^{A}$	ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันในเฟส A ที่บัส i
$THD_{V,i}^{B}$	ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันในเฟส B ที่บัส i
$THD_{V,i}^{C}$	ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันในเฟส C ที่บัส i
$THD_{V,i}^{j}$	ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันที่บัส i ที่ระดับโหลด j
$THD_{V,i}^{p,j}$	ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันในเฟส p ของบัส i ที่ระดับโหลด j (p = A, B และ C)
$THD_V^{\max}$	ค่าสูงสุดที่ยอมรับได้สำหรับความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดัน

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$THD_{V,\max}^{j,k}$	ค่าสูงสุดของความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดันที่ระดับโหลด j เมื่อควบคุมตามตารางการทำงานที่ k
$TCSC$	ตัวเก็บประจุอนุกรมควบคุมด้วยไทริสเตอร์
t	การคำนวณรอบที่ t ของขั้นตอนวิธีกลุ่มอนุภาค
t_a	รอบการคำนวณที่กระตุ้นกลุ่มอนุภาคในวิธีกลุ่มอนุภาคเชิงปรับตัว
$\overline{Uc}$	เวกเตอร์แถวแสดงสถานะการติดตั้งตัวเก็บประจุ
Uc_k	สถานะการติดตั้งตัวเก็บประจุที่บัส k
$\mathbf{V}$	เมทริกซ์แสดงค่าแรงดันบัส
$\mathbf{V}_d$	เมทริกซ์แสดงค่าแรงดันตก (Voltage Drop) ของทุกกิ่ง
$\mathbf{V}_{rms}$	เมทริกซ์แสดงค่ารากกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Value) ของแรงดันไฟฟ้า
$\mathbf{V}_{0(aug)}$	เมทริกซ์แต่งเติม (Augmented Matrix) ของแรงดันบัสอ้างอิง
$\mathbf{V}_i^{ABC}$	เมทริกซ์แสดงค่าแรงดันในเฟส A, B, และ C ของบัส i
$\mathbf{V}_{i,rms}^{ABC}$	เมทริกซ์แสดงค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าในเฟส A, B, และ C ที่บัส i
$\mathbf{V}_{0,i}^{ABC}$	เมทริกซ์แสดงค่าแรงดันบัสอ้างอิงในเฟส A, B, และ C ในแถวที่ i ของ $\mathbf{V}_{0(aug)}$
$\mathbf{V}_{d,k}^{ABC}$	เมทริกซ์แสดงค่าแรงดันตกในเฟส A, B, และ C ของกิ่ง k
$\mathbf{V}^h$	เมทริกซ์แสดงค่าแรงดันฮาร์มอนิกอันดับ h ของทุกบัส
$\mathbf{V}_i^{h,ABC}$	เมทริกซ์แสดงค่าแรงดันฮาร์มอนิกอันดับ h ในเฟส A, B, และ C ของบัส i
$\mathbf{V}^t$	ความเร็วของกลุ่มอนุภาคในการคำนวณรอบที่ t
$\mathbf{v}_i^t$	ความเร็วของอนุภาคตัวที่ i ในการคำนวณรอบที่ t
V_i	แรงดันไฟฟ้าที่บัส i
V_i^*	สังยุค (Conjugate) ของแรงดันไฟฟ้าที่บัส i
V_i^j	แรงดันไฟฟ้าของบัส i ที่ระดับโหลด j
V_i^1	แรงดันไฟฟ้าที่ความถี่หลักมูลของบัส i
$V_{i,j}^{1,p}$	แรงดันไฟฟ้าที่ความถี่หลักมูลในเฟส p ของบัส i ที่ระดับโหลด j (p = A, B และ C)
$V_i^{1,A}$	แรงดันไฟฟ้าที่ความถี่หลักมูลในเฟส A ของบัส i

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$V_i^{1,B}$	แรงดันไฟฟ้าที่ความถี่หลักมูลในเฟส B ของบัส i
$V_i^{1,C}$	แรงดันไฟฟ้าที่ความถี่หลักมูลในเฟส C ของบัส i
V_i^{h}	แรงดันฮาร์มอนิกอันดับ h ของบัส i
$V_i^{h,j}$	แรงดันฮาร์มอนิกอันดับ h ของบัส i ที่ระดับโหลด j
$V_{i,j}^{h,p}$	แรงดันฮาร์มอนิกอันดับ h ในเฟส p ของบัส i ที่ระดับโหลด j (p = A, B และ C)
$V_i^{h,A}$	แรงดันฮาร์มอนิกอันดับ h ในเฟส A ของบัส i
$V_i^{h,B}$	แรงดันฮาร์มอนิกอันดับ h ในเฟส B ของบัส i
$V_i^{h,C}$	แรงดันฮาร์มอนิกอันดับ h ในเฟส C ของบัส i
V_i^{A}	แรงดันในเฟส A ของบัส i
V_i^{B}	แรงดันในเฟส B ของบัส i
V_i^{C}	แรงดันในเฟส C ของบัส i
$V_{i,rms}$	ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าที่บัส i
$V_{i,j}^{p}$	แรงดันไฟฟ้าในเฟส p ของบัส i ที่ระดับโหลด j (p = A, B และ C)
$V_{i,rms}^{A}$	ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าในเฟส A ที่บัส i
$V_{i,rms}^{B}$	ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าในเฟส B ที่บัส i
$V_{i,rms}^{C}$	ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าในเฟส C ที่บัส i
$V_{0,i}$	แรงดันบัสอ้างอิงในแถวที่ i ของ $\mathbf{V}_{0(aug)}$
V_0^{A}	ขนาดแรงดันบัสอ้างอิงในเฟส A
V_0^{B}	ขนาดแรงดันบัสอ้างอิงในเฟส B
V_0^{C}	ขนาดแรงดันบัสอ้างอิงในเฟส C
$V_{d,k}$	แรงดันตกในกิ่ง k
$V_{d,k}^{A}$	แรงดันตกในเฟส A ของกิ่ง k
$V_{d,k}^{B}$	แรงดันตกในเฟส B ของกิ่ง k
$V_{d,k}^{C}$	แรงดันตกในเฟส C ของกิ่ง k
V_n	แรงดันไฟฟ้าของบัส n
V_n^{j}	แรงดันไฟฟ้าของบัส n ที่ระดับโหลด j
$V_{n,j}^{m}$	แรงดันไฟฟ้าในเฟส m ของบัส n ที่ระดับโหลด j (m = A, B และ C)

$V_{s,k}^{h}$	แรงดันฮาร์มอนิกอันดับ h ของบัส s ซึ่งเป็นปลายด้านส่งของสายป้อน k
$V_{r,k}^{h}$	แรงดันฮาร์มอนิกอันดับ h ของบัส r ซึ่งเป็นปลายด้านรับของสายป้อน k
$V^{\min}$	ค่าขอบล่างที่ยอมรับได้ของแรงดันบัส
$V^{\max}$	ค่าขอบบนที่ยอมรับได้ของแรงดันบัส
$V_{\min}^{j,k}$	ค่าต่ำสุดของแรงดันบัสที่ระดับโหลด j เมื่อควบคุมตามตารางการทำงานที่ k
$V_{\max}^{j,k}$	ค่าสูงสุดของแรงดันบัสที่ระดับโหลด j เมื่อควบคุมตามตารางการทำงานที่ k
$V_{\sec}^{sch,j}$	ค่าที่กำหนดไว้สำหรับแรงดันบัสทุติยภูมิของสถานีไฟฟ้าย่อยที่ระดับโหลด j
$V_{\sec}^{act,j}$	ค่าจริงของแรงดันบัสทุติยภูมิของสถานีไฟฟ้าย่อยที่ระดับโหลด j
v_{id}^{0}	ความเร็วเริ่มต้นของอนุภาคตัวที่ i ในมิติที่ d
v_{id}^{t}	ความเร็วของอนุภาคตัวที่ i ในมิติที่ d ในการคำนวณรอบที่ t
$v_{id}^{\prime t+1}$	ความเร็วของอนุภาคตัวที่ i ในมิติที่ d ในการคำนวณรอบที่ $t+1$ ก่อนจำกัดความเร็ว
$v_{d}^{\max}$	ความเร็วสูงสุดในมิติที่ d ของอนุภาค
w	ค่าถ่วงน้ำหนักความเฉื่อย
w^{0}	ค่าถ่วงน้ำหนักความเฉื่อยเริ่มต้น
w^{t}	ค่าถ่วงน้ำหนักความเฉื่อยในการคำนวณรอบที่ t
w^{nt}	ค่าถ่วงน้ำหนักความเฉื่อยในการคำนวณรอบสุดท้าย
$\mathbf{X}^{t}$	ตำแหน่งของกลุ่มอนุภาคในการคำนวณรอบที่ t
$\mathbf{x}_{i}^{t}$	ตำแหน่งของอนุภาคตัวที่ i ในการคำนวณรอบที่ t
X_{line}	ค่ารีแอกแตนซ์ของสายส่ง
X_{TCSC}	ค่ารีแอกแตนซ์ของตัวเก็บประจุอนุกรมควบคุมด้วยไทริสเตอร์
$\vec{x}$	เวกเตอร์แสดงค่าของตัวแปรตัดสินใจ
$\vec{x}^{*}$	เวกเตอร์ของผลเฉลยเหมาะที่สุดวงกว้าง
$\vec{x}_{N}^{*}$	เวกเตอร์ของผลเฉลยเหมาะที่สุดเฉพาะที่
$\bar{x}$	อนุภาคที่ใช้แทนผลเฉลยของปัญหา
$\bar{x}_{SVC}$	อนุภาคที่ใช้แทนผลเฉลยของปัญหาการติดตั้งตัวชดเชยวาร์แบบสถิต
$\bar{x}_{TCSC}$	อนุภาคที่ใช้แทนผลเฉลยของปัญหาการติดตั้งตัวเก็บประจุอนุกรม ควบคุมด้วยไทริสเตอร์
x_{C}	ค่ารีแอกแตนซ์ของตัวเก็บประจุที่ความถี่หลักมูล

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$x_{F,k}$	ค่ารีแอกแตนซ์ของสายป้อน k ที่ความถี่หลักมูล
x_T	ค่ารีแอกแตนซ์ลัดวงจรของหม้อแปลงที่ความถี่หลักมูล
x_i	ตัวแปรตัดสินใจตัวที่ i
$x_i^{(U)}$	ค่าขอบบนของตัวแปรตัดสินใจตัวที่ i
$x_i^{(L)}$	ค่าขอบล่างของตัวแปรตัดสินใจตัวที่ i
$x_d^{(U)}$	ค่าขอบบนสำหรับมิติที่ d ของอนุภาค
$x_d^{(L)}$	ค่าขอบล่างสำหรับมิติที่ d ของอนุภาค
x_{id}^0	ตำแหน่งเริ่มต้นของอนุภาคตัวที่ i ในมิติที่ d
x_{id}^t	ตำแหน่งของอนุภาคตัวที่ i ในมิติที่ d ในการคำนวณรอบที่ t
$\mathbf{Y}_{bus}^h$	เมทริกซ์แอดมิตแตนซ์บัสที่ฮาร์มอนิกอันดับ h
$\mathbf{y}^{ABC}$	เมทริกซ์แสดงค่าแอดมิตแตนซ์แบบสามเฟส
Y_{in}	ค่าของสมาชิกในตำแหน่งที่ in ของเมทริกซ์แอดมิตแตนซ์บัสแบบเฟสเดียว
y^{AA}	ค่าแอดมิตแตนซ์ในเฟส A ของ $\mathbf{y}^{ABC}$
y^{BB}	ค่าแอดมิตแตนซ์ในเฟส B ของ $\mathbf{y}^{ABC}$
y^{CC}	ค่าแอดมิตแตนซ์ในเฟส C ของ $\mathbf{y}^{ABC}$
y^{AB}	ค่าแอดมิตแตนซ์ร่วมระหว่างเฟส A กับเฟส B ของ $\mathbf{y}^{ABC}$
y^{AC}	ค่าแอดมิตแตนซ์ร่วมระหว่างเฟส A กับเฟส C ของ $\mathbf{y}^{ABC}$
y^{BA}	ค่าแอดมิตแตนซ์ร่วมระหว่างเฟส B กับเฟส A ของ $\mathbf{y}^{ABC}$
y^{BC}	ค่าแอดมิตแตนซ์ร่วมระหว่างเฟส B กับเฟส C ของ $\mathbf{y}^{ABC}$
y^{CA}	ค่าแอดมิตแตนซ์ร่วมระหว่างเฟส C กับเฟส A ของ $\mathbf{y}^{ABC}$
y^{CB}	ค่าแอดมิตแตนซ์ร่วมระหว่างเฟส C กับเฟส B ของ $\mathbf{y}^{ABC}$
y_C^h	ค่าแอดมิตแตนซ์ของตัวเก็บประจุที่ฮาร์มอนิกอันดับ h
$y_{F,k}^h$	ค่าแอดมิตแตนซ์ของสายป้อน k ที่ฮาร์มอนิกอันดับ h
$y_{L,i}^h$	ค่าแอดมิตแตนซ์ของโหลดที่บัส i ที่ฮาร์มอนิกอันดับ h
y_T^h	ค่าแอดมิตแตนซ์ลัดวงจรของหม้อแปลงที่ฮาร์มอนิกอันดับ h
$\mathbf{z}_{pri}$	เมทริกซ์อิมพีแดนซ์ปฐมฐาน (Primitive Impedance Matrix) ของระบบ
$\mathbf{z}_{pri,ij}^{ABC}$	สมาชิกในตำแหน่งที่ ij ของเมทริกซ์อิมพีแดนซ์ปฐมฐาน $\mathbf{z}_{pri}$ แบบสามเฟส
$\mathbf{z}^{ABC}$	เมทริกซ์แสดงค่าอิมพีแดนซ์แบบสามเฟส

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

z^{AA}	ค่าอิมพีแดนซ์ในเฟส A ของ $\mathbf{z}^{ABC}$
z^{BB}	ค่าอิมพีแดนซ์ในเฟส B ของ $\mathbf{z}^{ABC}$
z^{CC}	ค่าอิมพีแดนซ์ในเฟส C ของ $\mathbf{z}^{ABC}$
z^{AB}	ค่าอิมพีแดนซ์ร่วมระหว่างเฟส A กับเฟส B ของ $\mathbf{z}^{ABC}$
z^{AC}	ค่าอิมพีแดนซ์ร่วมระหว่างเฟส A กับเฟส C ของ $\mathbf{z}^{ABC}$
z^{BA}	ค่าอิมพีแดนซ์ร่วมระหว่างเฟส B กับเฟส A ของ $\mathbf{z}^{ABC}$
z^{BC}	ค่าอิมพีแดนซ์ร่วมระหว่างเฟส B กับเฟส C ของ $\mathbf{z}^{ABC}$
z^{CA}	ค่าอิมพีแดนซ์ร่วมระหว่างเฟส C กับเฟส A ของ $\mathbf{z}^{ABC}$
z^{CB}	ค่าอิมพีแดนซ์ร่วมระหว่างเฟส C กับเฟส B ของ $\mathbf{z}^{ABC}$
z_{ij}^{AA}	ค่าอิมพีแดนซ์ในเฟส A ของ $\mathbf{z}_{pri,ij}^{ABC}$
z_{ij}^{BB}	ค่าอิมพีแดนซ์ในเฟส B ของ $\mathbf{z}_{pri,ij}^{ABC}$
z_{ii}^{CC}	ค่าอิมพีแดนซ์ในเฟส C ของ $\mathbf{z}_{pri,ij}^{ABC}$
z_{ij}^{AB}	ค่าอิมพีแดนซ์ร่วมระหว่างเฟส A กับเฟส B ของ $\mathbf{z}_{pri,ij}^{ABC}$
z_{ij}^{AC}	ค่าอิมพีแดนซ์ร่วมระหว่างเฟส A กับเฟส C ของ $\mathbf{z}_{pri,ij}^{ABC}$
z_{ij}^{BA}	ค่าอิมพีแดนซ์ร่วมระหว่างเฟส B กับเฟส A ของ $\mathbf{z}_{pri,ij}^{ABC}$
z_{ij}^{BC}	ค่าอิมพีแดนซ์ร่วมระหว่างเฟส B กับเฟส C ของ $\mathbf{z}_{pri,ij}^{ABC}$
z_{ij}^{CA}	ค่าอิมพีแดนซ์ร่วมระหว่างเฟส C กับเฟส A ของ $\mathbf{z}_{pri,ij}^{ABC}$
z_{ij}^{CA}	ค่าอิมพีแดนซ์ร่วมระหว่างเฟส C กับเฟส B ของ $\mathbf{z}_{pri,ij}^{ABC}$