บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญของปัญหา

การผลิตพลังงานไฟฟ้าจำนวนมากที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันได้จากการแปรสภาพพลังงานกลมาเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยที่แหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าอาจแยกตามลักษณะและกรรมวิธีการผลิตต่างๆ ได้ดังนี้

1.1 โรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermal Power Plant)

โดยทั่วไปการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยวิธีนี้เป็นการผลิตที่มีต้นทุนการผลิตสูง หลักการผลิตได้จากการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เช่น น้ำมันเตา ก๊าซธรรมชาติ ฯลฯ ให้พลังงานความร้อนสู่ตัวกลาง จากนั้นจะใช้ความดันไอน้ำหมุนเครื่องกังหันไอน้ำ เพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำการผลิตพลังงานไฟฟ้าโรงไฟฟ้าดังกล่าวอาจแยกออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

1.1.1 โรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ

1.1.2 โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ

1.1.3 โรงไฟฟ้าดีเซล

นอกจากนี้ยังมีโรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่เรียกชื่อแตกต่างออกไปอีกเช่น โรงไฟฟ้าลิกไนต์ ซึ่งหมายถึงโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำที่ใช้ลิกไนต์มาเผาเพื่อผลิตไอน้ำ เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 โรงไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydro Power Plant)

การผลิตไฟฟ้าโดยวิธีนี้ใช้พลังงานจากน้ำที่เก็บกักน้ำหรือจากแม่น้ำที่มีอยู่ตามธรรมชาติมาใช้หมุนกังหันน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำการผลิตไฟฟ้าในราคาถูก

การจัดสรรยูนิตคอมมิตเมนท์อาจทำได้ โดยการให้โรงไฟฟ้าพลังน้ำจ่ายโหลดรวมของระบบ อย่างไรก็ดีเนื่องจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำไม่สามารถจ่ายโหลดทั้งหมดได้ จำเป็นต้องจ่ายโหลดร่วมกัน (Mixed Generation) กับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนประเภทต่างๆ ดังกล่าว นอกจากนั้นโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ก็มีประสิทธิภาพในการจ่ายโหลดแตกต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษา วิเคราะห์ และทำการจัดสรรกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าประเภท ต่างๆ เพื่อจ่ายโหลดในระบบพลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่ โดยให้มีต้นทุนการผลิตรวม (Total Production Cost) ของระบบพลังงานไฟฟ้ากำลังมีค่าต่ำที่สุด

การศึกษาเกี่ยวกับปัญหายูนิตคอมมิตเมนท์ (Unit Commitment Problem) จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องอาศัยการจำลองระบบพลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ เนื่องจากระบบพลังงานไฟฟ้าที่ศึกษามีขนาดใหญ่ขึ้นทุกที และความต้องการเกี่ยวกับความรวดเร็ว (Speed) ความแม่นยำ (Accuracy) ในการคำนวณ ตลอดจนการประหยัดเนื้อที่เก็บข้อมูลในหน่วยความจำ (Storage) ของเครื่องคอมพิวเตอร์มีมากขึ้น ดังนั้นการวิเคราะห์ระบบพลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่ในปัจจุบันโดยการใช้การจำลองบนเครื่องคอมพิวเตอร์ อาจสรุปขั้นตอนหลักได้ 2 ขั้นตอน คือ

ก. สร้าง (Formulate) สมการคณิตศาสตร์ที่แสดงสมรรถนะของระบบไฟฟ้ากำลัง

ข. หาคำตอบ (Solve) ของสมการสมรรถนะของระบบดังกล่าวในรูปคำตอบเชิงเลข (Numerical solution)

ในการศึกษาเกี่ยวกับการจัดสรรกำลังผลิตของระบบพลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่อย่างประหยัด สมการคณิตศาสตร์ที่ได้เป็นสมการของ Multivariable Nonlinear with

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Nonlinear Constraints ซึ่งสร้างมาจากการใช้บัส (Bus) ในรูปของอิมพีแดนซ์ (Impedance) และ/หรือแอดมิตแดนซ์ (Admittance) ต้นทุนเชื้อเพลิง (Fuel Cost) ที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ข้อจำกัดต่างๆ (Constraints) รวมทั้งรายละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และ/หรือ หม้อไอน้ำ (Boiler) ฯลฯ

กล่าวโดยทั่วไป ในการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการทำงานของระบบพลังงานไฟฟ้าที่ผ่านมา [1,2,3,4] ได้เน้นถึงปัญหาสำคัญต่างๆ ที่อาจสรุปได้ดังนี้

ก. การทำนายโหลดอย่างแม่นยำ (Accurate Load Forecasting)

ข. การจ่ายโหลดอย่างประหยัด (Economic Load Dispatch)

ค. การจัดสรรกำลังผลิตอย่างประหยัด (Unit Commitment Problem)

โดยที่ปัญหาทั้งสามดังกล่าวข้างต้น มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดอย่างไร ?

การทำนายโหลดอาจแบ่งออกเป็นการทำนายโหลดระยะสั้น (Short-term Load Forecasting) และการทำนายโหลดระยะยาว (Long-term Load Forecasting) โดยที่การทำนายโหลดระยะยาวเกี่ยวข้องกับการประมาณโหลดสูงสุด (Peak Load) ในฤดูกาลต่างๆฯลฯ สำหรับการทำนายโหลดระยะสั้นเกี่ยวข้องกับการประมาณโหลดของระบบในแต่ละวันเป็นรายชั่วโมง การทำนายโหลดนับเป็นปัญหาที่มีความสำคัญในเบื้องต้น ทั้งนี้เพราะจะต้องอาศัยข้อมูลส่วนนี้ไปใช้ในการจัดสรรกำลังผลิตของระบบพลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัด และความมั่นคงของระบบ (System Security) เป็นสำคัญ สำหรับการทำนายโหลดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้ จะเป็นการทำนายโหลดระยะสั้นซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบต่างๆ อันประกอบด้วย โหลดไฟฟ้าแสงสว่าง สภาวะอากาศ ลักษณะการจ่ายโหลดรายวันตลอดจนในฤดูกาลต่างๆ รวมทั้งโหลดของโรงงานอุตสาหกรรม อย่างไรก็ดีถึงแม้ว่าอาจประเมินองค์ประกอบต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นได้อย่างใกล้เคียงก็ตาม ในสภาพการใช้งานจริงยังมีองค์ประกอบอื่นๆ ที่ไม่อาจทำนายได้อย่างใกล้เคียงและมีผลกับการทำนายโหลด เช่นการรบกวนในระบบ 4เนื่องจาก พายุ ฟ้าผ่า ฯลฯ โดยทั่วไปความผิดพลาดจากการทำนายโหลดที่ต่ำกว่าความเป็นจริงอาจชดเชยได้จากการจ่ายโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาที่โหลดมีค่าสูงสุด (Peaking Unit) สำหรับความผิดพลาดจากการทำนายโหลดที่สูงเกินกว่าความเป็น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จริงจะมีผลทำให้มี กำลังผลิตสำรอง (System Reserve) ในระบบมากเกินความจำเป็น

การจ่ายโหลดอย่างประหยัด (Economic Load Dispatch) หมายถึง การกำหนดระดับการจ่ายโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่างๆ เพื่อจ่ายโหลดรวมของระบบโดยมีต้นทุนการผลิต (Production Cost) ของระบบพลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุด โดยที่ต้นทุนการผลิตของระบบได้รวมเฉพาะค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิงและกำลังสูญเสียในสายส่งของระบบพลังงานไฟฟ้า แต่ไม่ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามากนัก ทั้งนี้เพราะการจ่ายโหลดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงในระบบอาจไม่สามารถลดต้นทุนการผลิตของระบบให้มีค่าต่ำที่สุดได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโรงไฟฟ้าอยู่ในสภาพที่เชื้อเพลิงมีราคาสูง และ/หรือ อยู่ไกลจากศูนย์กลางการใช้โหลด (Load Center) มาก วิธีการจ่ายโหลดอย่างประหยัดที่นิยมใช้ใน อดีตคือ วิธี Equal Incremental Cost ซึ่งไม่คิดผลของกำลังสูญเสียในสายส่ง อย่างไรก็ดีเมื่อระบบพลังงานไฟฟ้ามีขนาดใหญ่ขึ้น ตลอดจนมีการส่งพลังงานไฟฟ้าไปเป็นระยะทางไกล ๆ ทำให้กำลังสูญเสียของสายส่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นและมีผลต่อการจ่ายโหลดอย่างประหยัด จึงได้มีการพัฒนาวิธีที่นำเอาผลของกำลังสูญเสียมาพิจารณาด้วย วิธีการที่ได้รับความนิยมคือวิธีที่ L.K. Kirchmayer นำผลงานของ G. Kron มาปรับปรุง เรียกว่าวิธี B-Coefficient[5,6] ในปัจจุบันการวิเคราะห์โหลดโฟลว์โดยวิธีของ นิวตัน-ราฟสัน (Newton-Raphson) ได้มีการพัฒนาและเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป จึงได้มีการพัฒนาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดที่คิดผลของกำลังสูญเสียจากโหลดโฟลว์ของระบบ[7,8]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การจัดสรรกำลังผลิตอย่างประหยัด (Unit Commitment Problem) หมายถึง การกำหนด และ/หรือ การจัดสรรกำลังผลิตของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อจ่ายโหลดรวมของระบบพลังงานไฟฟ้า โดยมีต้นทุนการผลิตรวมของระบบ (Total Production Cost) ต่ำที่สุด โดยที่ต้นทุนการผลิตรวมของระบบได้รวมถึงค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิง ค่าใช้จ่ายทางด้านการบำรุงรักษา ค่าใช้เกี่ยวกับกำลังสูญเสียในระบบ ค่าใช้จ่ายในการเริ่มเดินเครื่องและหยุดเครื่อง รวมถึงค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับเงินเดือนของพนักงานต่าง ๆ จะเห็นว่าปัญหาการจัดสรรกำลังผลิตอย่าง

ประหยัด (Unit Commitment Problem) เป็นปัญหาที่มาก่อนปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด (Economic Load Dispatch) นั้นคือ จำเป็นต้องทำการจัดสรร และ/หรือ เลือกกลุ่มของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ดีที่สุดก่อน แล้วค่อยคำนวณระดับการจ่ายโหลดของแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อให้ได้ต้นทุนการผลิตรวมของระบบมีค่าต่ำที่สุด[3,6,7,9,10,11]

วัตถุประสงค์และขอบเขตของวิทยานิพนธ์

จากการสำรวจงานวิจัยทางด้านการจัดสรรกำลังผลิตของระบบพลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่อย่างประหยัดพบว่ามีการทำวิจัยอย่างกว้างขวางในต่างประเทศ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาและพัฒนาโปรแกรมสำหรับเพื่อการจัดสรรกำลังผลิตของระบบพลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่อย่างประหยัด สำหรับขอบเขตของการวิจัยเป็นการวิเคราะห์การจัดสรรกำลังผลิตของระบบพลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัด โดยใช้วิธีการจัดลำดับการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Priority-List Schemes)ชนิดต่าง ๆ ตามลำดับของต้นทุนการผลิตเฉลี่ยที่สภาวะโหลดสูงสุด (Full Load Average Production Cost) และพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์การจัดสรรกำลังผลิตดังกล่าว โดยที่รายละเอียดและเนื้อหาของวิทยานิพนธ์ในแต่ละบทมีดังนี้

บทที่ 1 เป็นบทนำทั่วไป ซึ่งรายงานเกี่ยวกับความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ และขอบเขตของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 รายงานเกี่ยวกับวิธีการออปติไมซ์ (Optimization Methodology) และการออปติไมซ์ในระบบพลังงานไฟฟ้า (Energy System Optimization)

บทที่ 3 รายงานเกี่ยวกับรายละเอียดการจัดสรรกำลังผลิตของระบบพลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่อย่างประหยัด (Unit Commitment Problem)

บทที่ 4 รายงานเกี่ยวกับการจัดเตรียมข้อมูล การใช้โปรแกรม และตัวอย่างการวิเคราะห์

บทที่ 5 รายงานเกี่ยวกับผลสรุป และข้อเสนอแนะ

หมายเหตุ ในโปรแกรมส่วนแรก (การคำนวณยูนิตคอมมิตเมนท์) จะไม่คำนึงถึง LOSS แต่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคิด ในส่วนหลังจะนำ (Optimimun Load Flow) จะนำผลของ LOSS มาคิดด้วย

ในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการจัดสรรยูนิตคอมมิตเมนท์สำหรับระบบหลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่อย่างประหยัด ได้เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิต (ตระกูล IBM PC) เนื่องจากคอมพิวเตอร์ดังกล่าวเป็นที่นิยมแพร่หลาย และสะดวกในการใช้งาน โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นนี้เรียกว่าโปรแกรมการวิเคราะห์การจัดสรรกำลังผลิตของระบบหลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่ หรือ UCAP (Unit Commitment Analysis Program) ซึ่งสามารถใช้ในการศึกษา วิเคราะห์ ออกแบบ และวางแผนการทำงานของระบบหลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้พัฒนาขึ้นนี้เขียนด้วยภาษาปาสคาลและได้แสดงรายละเอียดไว้ในภาค ผนวก ง. ส่วนคู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้แสดงตัวอย่างและรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ค.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย