หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วัตถุประสงค์หลักอย่างหนึ่งของระบบควบคุมไฟฟ้ากำลัง (Power system control) ก็คือการควบคุมให้ระบบไฟฟ้ากำลังสามารถจ่ายโหลดได้อย่างเพียงพอและระบบสามารถดำเนินการอยู่ภายในขอบเขตที่ปลอดภัย (Security limit) โดยมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด

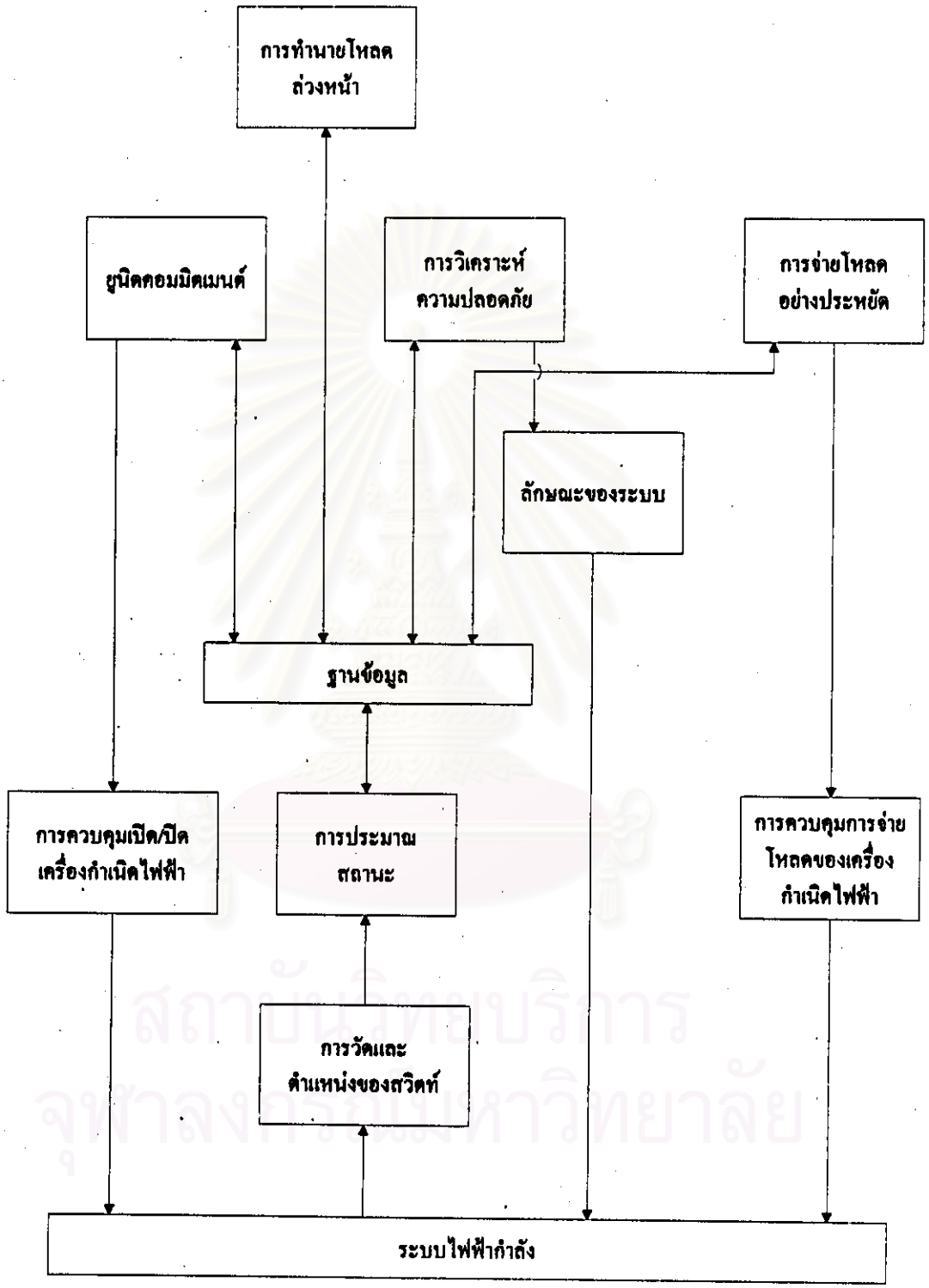
ปัจจุบันระบบไฟฟ้ากำลังมีความซับซ้อนตามเทคโนโลยีและอุปกรณ์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นใหม่ ทำให้การควบคุมการทำงานของระบบต้องมีความซับซ้อนตามไปด้วย ดังนั้นการควบคุมโดยอาศัยคอมพิวเตอร์เพื่อให้ทำงานได้รวดเร็วและทันเหตุการณ์จึงมีความจำเป็นและมีบทบาทสูงมากยิ่งขึ้น การควบคุมระบบไฟฟ้าโดยอาศัยคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันนี้แสดงได้ดังรูปที่ 1.1 [1] ซึ่งแบ่งการควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้ากำลังได้เป็น 3 ส่วนหลักๆคือ

1) ยูนิตคอมมิตเมนต์ (Unit commitment) เป็นการวางแผนการจัดลำดับของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าว่าตัวใดควรจะจ่ายโหลดหรือตัวใดควรจะไม่จ่ายโหลดตามเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้กำลังการผลิตเพียงพอต่อความต้องการของทั้งระบบโดยมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด โดยที่ข้อมูลของโหลดได้มาจากการทำนายโหลดล่วงหน้า (Load forcasting)

2) การวิเคราะห์ความปลอดภัย (Security analysis) เป็นการศึกษาพิจารณาเพื่อให้ระบบดำเนินงานอยู่ในขอบเขตที่ปลอดภัย โดยอาศัยข้อมูลของเหตุขัดข้อง ขีดจำกัดต่างๆ รวมทั้งลักษณะของระบบไฟฟ้ามาร่วมทำการวิเคราะห์

3) การจ่ายโหลดอย่างประหยัด (Economic load dispatch) เป็นการหาค่าที่เหมาะสมของกำลังผลิตจริงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องควรผลิตเพื่อจ่ายโหลดในระบบให้เพียงพอต่อความต้องการ โดยที่มีต้นทุนในการผลิตต่ำที่สุดและระบบยังคงดำเนินงานได้อยู่ในขอบเขตที่มีความปลอดภัย

การจ่ายโหลดอย่างประหยัดเป็นการศึกษาที่มีประวัติความเป็นมายาวนานและยังมีการพัฒนากันอยู่ถึงปัจจุบัน ในยุคแรกวิธีการจ่ายโหลดอย่างประหยัดที่นิยมใช้กันมากคือ หลักการเท่ากันของแลมดา (Equal lamda criteria) [2] ซึ่งเป็นวิธีการจ่ายโหลดอย่างประหยัดที่ไม่มีการพิจารณารวมผลของกำลังสูญเสียในระบบ แต่ต่อมาเมื่อระบบไฟฟ้ากำลังใหญ่ขึ้นมีการส่งไฟฟ้าผ่านทางสายส่งทำให้กำลังสูญเสียของระบบเพิ่มขึ้นจึงไม่สามารถละเลยกำลังสูญเสียส่วนนี้ในการวิเคราะห์การจ่ายโหลดอย่างประหยัด โดยปกติการคำนวณกำลังสูญเสียส่วนนี้คำนวณหาได้จากวิธี B-coefficient [2,3] หรือคำนวณได้โดยตรงจากการทำโหลดโฟลว์ [4]



รูปที่ 1.1 การควบคุมระบบไฟฟ้ากำลัง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การจ่ายโหลดอย่างประหยัดตามวิธีข้างต้น เป็นการจ่ายโหลดอย่างประหยัดโดยใช้การจัดสรรกำลังจริงเพียงอย่างเดียวหากแต่มักไม่คำนึงถึงผลของกำลังรีแอกทีฟและขีดจำกัดของอุปกรณ์ต่างๆในระบบไฟฟ้ากำลัง แนวความคิดในการพิจารณาถึงข้อบกพร่องดังกล่าวจึงเป็นแนวความคิดที่น่าสนใจและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยนักวิจัยหลายท่าน [5-7] ซึ่งได้เสนอวิธีการจ่ายโหลดอย่างประหยัดที่รวมผลของการจัดสรรกำลังจริงและกำลังรีแอกทีฟตลอดทั้งขีดจำกัดต่างๆในระบบไฟฟ้ากำลังโดยอาศัยเทคนิคการออปติไมซ์เพื่อหากำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แรงดันที่บัสควบคุมแรงดัน และการตั้งค่าแท็ปของหม้อแปลง ที่สอดคล้องกับโฟลว์ในระบบไฟฟ้ากำลังเพื่อให้ได้ต้นทุนการผลิตรวมของระบบต่ำที่สุดซึ่งวิธีการนี้เราเรียกว่าออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ (Optimal power flow หรือ OPF)

ออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์เป็นปัญหาออปติไมซ์แบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear optimization) ที่คำนวณหาค่าที่เหมาะสมของตัวแปรต่างๆในระบบไฟฟ้ากำลังเพื่อลดต้นทุนการผลิตรวมของระบบให้ต่ำที่สุดและระบบยังดำเนินงานอยู่ในขอบเขตที่กำหนด เนื่องจากความซับซ้อนของปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ ทำให้การแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ในอดีตมักนิยมแบ่งปัญหาออกเป็น 2 ส่วนย่อยโดยใช้หลักการดีคัปเปิล (Decouple) [8-12] คือ ปัญหาพี (P-problem) เป็นการคำนวณกำลังจริงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องควรผลิตเพื่อให้ได้ต้นทุนการผลิตรวมต่ำที่สุด และปัญหาคิว (Q-problem) เป็นการคำนวณหาแรงดันที่บัสควบคุมแรงดันและการตั้งค่าแท็ปของหม้อแปลง เพื่อให้ได้กำลังสูญเสียในระบบต่ำที่สุด ซึ่งที่ผ่านมาได้มีการนำเทคนิคการออปติไมซ์แบบต่างๆมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ [13-18] ซึ่งวิธีการต่างๆเหล่านี้ตั้งบนสมมติฐานที่ว่าฟังก์ชันเป้าหมายต้องเป็นฟังก์ชันต่อเนื่องและสามารถหาอนุพันธ์ได้ แต่สมมติฐานเหล่านี้อาจไม่เป็นจริงในทางปฏิบัติ และยิ่งไปกว่านั้นวิธีการเหล่านี้ยังมีข้อด้อยอยู่อีก 2 ประการคือ

1) ไม่สามารถหาจุดคำตอบที่เป็นค่าเหมาะสมโดยรวม (Global optimum)

2) ไม่สามารถใช้กับตัวแปรที่ไม่ต่อเนื่อง

จากข้อด้อยสองข้อดังกล่าวข้างต้น นักวิจัยหลายท่านได้นำเทคนิคออปติไมซ์แบบสุ่มที่มีความสามารถในการหาจุดเหมาะสมโดยรวมโดยอาศัยหลักการทางความน่าจะเป็นมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น เทคนิคออปติไมซ์ดังกล่าวได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทางระบบไฟฟ้ากำลังต่างๆ เช่น การคำนวณโหลดโฟลว์ [19] การจ่ายโหลดอย่างประหยัด [20-24] การจัดสรรกำลังรีแอกทีฟ [25-26] และการทำยูนิตคอมมิตเมนต์ [27-28]

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะนำเจเนติกอัลกอริทึม [29-33] ซึ่งเป็นเทคนิคการออปติไมซ์แบบสุ่มวิธีหนึ่งที่สามารถแก้ไขข้อบกพร่องที่กล่าวในข้างต้นได้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1) เพื่อศึกษาวิธีการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม เปรียบเทียบกับออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้ Sequential quadratic programming

2) ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่ออำนวยความสะดวกในการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์

3) พัฒนาโปรแกรมเพื่อเป็นพื้นฐานในการทำยูนิตคอมมิตเมนต์ในอนาคต

1.3 ขั้นตอนการศึกษาและวิธีดำเนินงาน

1) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์และเจเนติกอัลกอริทึมโดยค้นคว้าจากหนังสือและวารสารต่างๆที่มีความเกี่ยวข้อง

2) ศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ MATLAB

3) ออกแบบโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม

4) เขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึมเปรียบเทียบกับวิธี Sequential quadratic programming

5) วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการวิจัย

6) เรียบเรียงวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบ แก้ไขและจัดเข้ารูปเล่ม เพื่อเสนอต่อคณะกรรมการต่อไป

1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้ศึกษาการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม โดยที่ไม่นำขีดจำกัดของสายส่ง มุมเลื่อนเฟส (Phase shift angle) ของหม้อแปลงและเงื่อนไขบังคับด้านสิ่งแวดล้อม มาร่วมพิจารณาในการแก้ปัญหา

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้จากการทำวิทยานิพนธ์

มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ซึ่งสามารถใช้เป็นโปรแกรมพื้นฐานในการทำยูนิตคอมมิตเมนต์หรือใช้แก้ไขปัญหาการคิดค่าขนส่งกำลังไฟฟ้าผ่านสายส่งได้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งเนื้อหาของวิทยานิพนธ์ในแต่ละบทจะแบ่งเป็นดังนี้

บทที่ 2 จะกล่าวถึงความรู้พื้นฐานในการคำนวณโหลดโฟลว์ ตลอดจนการคำนวณโหลดโฟลว์ด้วยวิธีนิวตัน-ราฟสัน (Newton-Raphson method) ในระบบพิกัดเชิงขั้ว ซึ่งโหลดโฟลว์ดังกล่าวจะใช้เป็นเครื่องมือพื้นฐานในการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์

บทที่ 3 กล่าวถึงหลักการพื้นฐาน ส่วนประกอบ ขั้นตอนการทำงานรวมทั้งความแตกต่างของเจเนติกอัลกอริทึมเทียบกับวิธีอื่นๆ พร้อมทั้งตัวอย่างการแก้ปัญหาออปติไมซ์โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม

บทที่ 4 กล่าวถึงคุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนซึ่งเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่นำมาวิเคราะห์ในการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ หลังจากนั้นจะกล่าวถึงลักษณะของปัญหา ลักษณะของเงื่อนไขบังคับ ตลอดจนวิธีการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ประเภทต่างๆไม่ว่าจะเป็นการจ่ายโหลดอย่างประหยัดโดยไม่รวมผลของกำลังสูญเสีย การจ่ายโหลดอย่างประหยัดที่รวมผลของกำลังสูญเสีย การจัดสรรกำลังจริง การจัดสรรกำลังรีแอกทีฟด้วยวิธีดั้งเดิมและโดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม

บทที่ 5 แสดงผลการทดสอบการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึมเปรียบเทียบกับ Sequential quadratic programming

บทที่ 6 สรุปผลการดำเนินงาน รวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ

ภาคผนวก ประกอบด้วย ภาคผนวก ก ภาคผนวก ข และ ภาคผนวก ค โดยมีรายละเอียดดังนี้

ภาคผนวก ก แสดงข้อมูลระบบไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบในการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ซึ่งประกอบด้วย ระบบ 6 บัส 11 สายส่ง และ ระบบ IEEE 30 บัส

ภาคผนวก ข แสดงทฤษฎีพื้นฐานและวิธีการออปติไมซ์โดยใช้ Sequential quadratic programming

ภาคผนวก ค แสดงรายละเอียดผลการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย