บทที่ 1

บทนำทั่วไป

1.1 ความสำคัญของการศึกษาโหลดโฟลว์

การศึกษาโหลดโฟลว์(Load flow studies) ถือเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของการศึกษากรณีต่างๆ ในระบบกำลังไฟฟ้า อันได้แก่ การวิเคราะห์ความผิดปกติ การวิเคราะห์เสถียรภาพ การวางแผนจัดสรรการผลิตเพื่อให้มีการจ่ายโหลดอย่างประหยัด รวมถึงการดำเนินงานของระบบกำลังไฟฟ้า หรือการวางแผนในระยะเวลาต่างๆ เพื่อให้ระบบกำลังไฟฟ้ามีความสามารถรองรับความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้บริโภคได้อย่างเพียงพอ จากความสำคัญที่ได้กล่าวมานี้ ทำให้เล็งเห็นความจำเป็นในการศึกษาโหลดโฟลว์

1.2 ความจำเป็นที่ต้องรวมความไม่เป็นเชิงเส้นของอนุพันธ์อันดับที่สองในการคำนวณโหลดโฟลว์

ในปัจจุบันนี้ การวิเคราะห์โหลดโฟลว์โดยใช้วิธีนิวตัน-ราฟสัน(Newton-Raphson method) นับเป็นวิธีที่นิยมแพร่หลายมากที่สุดด้วยเหตุผลที่มีข้อดีหลายประการ กล่าวคือ จำนวนรอบของการคำนวณไม่ขึ้นกับขนาดของระบบกำลังไฟฟ้า[1] โดยทั่วไปมักจะได้คำตอบภายใน 2-5 รอบการคำนวณ มีคุณลักษณะการลู่เข้าของคำตอบที่ดี คำตอบที่ได้มีความน่าเชื่อถือได้แต่ข้อเสียประการสำคัญ คือ ใช้เวลาในการคำนวณต่อรอบมาก เนื่องจากมีขั้นตอนการคำนวณที่ยุ่งยากซับซ้อนโดยเฉพาะขั้นตอนการคำนวณจาโคเบียนเมตริกซ์ อีกทั้งต้องมีการคำนวณจาโคเบียนเมตริกซ์ใหม่ทุกรอบของการคำนวณตามค่าของแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละรอบ[2-3] จึงมีนักวิชาการหลายท่านพยายามค้นหาเทคนิคต่างๆมาพัฒนาวิธีนิวตัน-ราฟสันให้มีขีดความสามารถที่สูงขึ้นโดยเน้นพัฒนาในเรื่องของเวลาที่ใช้ในการคำนวณ ดังจะเห็นได้จากบทความทางวิชาการจำนวนมากที่กล่าวถึงเทคนิคที่ใช้พัฒนาวิธีนิวตัน-ราฟสัน ตัวอย่างเช่น เทคนิคดีคัปเปิลและฟาสต์ดีคัปเปิล [4-5] เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเป็นวิธีนิวตัน-ราฟสันหรือวิธีนิวตัน-ราฟสันที่ถูกพัฒนาด้วยเทคนิคดีคัปเปิลและฟาสต์ดีคัปเปิลก็ตาม ยังมีปัญหาในการลู่เข้าของคำตอบสำหรับระบบกำลังไฟฟ้าที่อยู่ในบางสภาวะที่มีข้อกำหนดเริ่มต้นทางโหลดโฟลว์ไม่เหมาะสม (Ill-conditioned systems)[6-10] กล่าวคือ วิธีการที่กล่าวมาทั้งหมดอาจไม่สามารถหาคำตอบที่เป็นจริงได้หรือสามารถหาคำตอบดังกล่าวได้ แต่ต้องใช้จำนวนรอบในการคำนวณค่อนข้างมาก วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้เล็งเห็นจุดด้อยของวิธีการที่กล่าวมาและพยายามค้นคว้าหาเทคนิคที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาวิธีนิวตัน-ราฟสัน เพื่อให้มีคุณลักษณะการลู่เข้าของคำตอบที่ดีขึ้น โดยเฉพาะเมื่อคำนวณโหลดโฟลว์กับระบบกำลังไฟฟ้าที่อยู่ในบางสภาวะที่มีข้อกำหนดเริ่มต้นทางโหลดโฟลว์ไม่เหมาะสม

โดยการรวมผลของความไม่เป็นเชิงเส้นของอนุพันธ์อันดับที่สองจากการกระจายอนุกรมเทย์เลอร์ที่ถูกละทิ้งไปในวิธีนิวตัน-ราฟสันเดิม โดยนำเสนอทั้งในระบบพิกัดฉาก[8-9] และระบบพิกัดเชิงขั้ว [10]

1.3 ความหมายของระบบกำลังไฟฟ้าที่มีข้อกำหนดเริ่มต้นทางโหลดโฟลว์ที่ไม่เหมาะสม

ระบบกำลังไฟฟ้าที่มีข้อกำหนดเริ่มต้นทางโหลดโฟลว์ที่ไม่เหมาะสม คือ ระบบกำลังไฟฟ้าที่มีคุณลักษณะซึ่งไม่สามารถหาคำตอบที่เป็นจริงได้ หรือสามารถหาคำตอบดังกล่าวได้ แต่ต้องใช้จำนวนรอบในการคำนวณค่อนข้างมาก เมื่อคำนวณด้วยวิธีนิวตัน-ราฟสันเดิม โดยมีลักษณะดังนี้

1.3.1 ลักษณะทางโครงสร้างของระบบ : ประกอบด้วยสายส่งที่มีความยาวมากและมีค่าอัตราส่วนระหว่างความต้านทานต่อรีแอกแตนซ์สูง[8] หรือ การที่มีคาปาซิแตนซ์ต่ออนุกรมกับสายส่ง (Line series capacitance) [7-8]

1.3.2 สภาวะการทำงานของระบบ : อยู่ในสภาวะจ่ายโหลดอย่างหนัก

1.3.3 ข้อกำหนดทางโหลดโฟลว์ : อัตราส่วนระหว่างจำนวนโหลดบัสต่อจำนวนบัสควบคุมแรงดันมีค่าสูง หรือ กำหนดตำแหน่งของบัสอ้างอิงไม่เหมาะสม[7] หรือ กำหนดค่าเริ่มต้นของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้คำนวณไม่เหมาะสม

1.4 วัตถุประสงค์

1.4.1 เพื่อศึกษาเทคนิคที่จะนำมาใช้พัฒนาวิธีนิวตัน-ราฟสันในการวิเคราะห์โหลดโฟลว์

1.4.2 เพื่อให้การวิเคราะห์โหลดโฟลว์มีคุณลักษณะการลู่เข้าของคำตอบที่ดีขึ้น

1.4.3 เพื่อให้สามารถวิเคราะห์โหลดโฟลว์กับระบบกำลังไฟฟ้าที่มีข้อกำหนดเริ่มต้นทางโหลดโฟลว์ไม่เหมาะสมได้

1.4.4 เพื่อต้องการเปรียบเทียบผลการคำนวณโหลดโฟลว์ระหว่างวิธีนิวตัน-ราฟสันที่รวมความไม่เป็นเชิงเส้นของอนุพันธ์อันดับที่สองกับวิธีนิวตัน-ราฟสันเดิม

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาจากทฤษฎีโดยค้นคว้าจากหนังสือและวารสารต่างๆที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1.5.2 ศึกษาการวิเคราะห์โหลดโฟลว์ด้วยวิธีนิวตัน-ราฟสัน

1.5.3 ศึกษาการพัฒนาวิธีนิวตัน-ราฟสันโดยรวมความไม่เป็นเชิงเส้นของอนุพันธ์อันดับที่สอง ทั้งในระบบพิกัดฉากและระบบพิกัดเชิงขั้ว

1.5.4 ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อช่วยในการวิเคราะห์โหลดโฟลว์

1.5.5 ทำการทดสอบกับระบบกำลังไฟฟ้าตัวอย่างมาตรฐานและระบบกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง เพื่อหาข้อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการวิเคราะห์ในข้อ 1.5.2 กับ ข้อ 1.5.3

1.5.6 วิเคราะห์ผลและสรุปผลที่ได้จากการวิจัย

1.5.7 เรียบเรียง ตรวจสอบ และจัดพิมพ์วิทยานิพนธ์ เพื่อนำเสนอต่อคณะกรรมการและดำเนินการจัดสอบ

1.6 ขอบเขตในการทำวิทยานิพนธ์

ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คือ การวิเคราะห์โหลดโฟลว์ด้วยวิธีนิวตัน-ราฟสันที่รวมความไม่เป็นเชิงเส้นของอนุพันธ์อันดับที่สองจากการกระจายอนุกรมเทย์เลอร์ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ใช้กับการวิเคราะห์โหลดโฟลว์สำหรับระบบกำลังไฟฟ้าที่มีข้อกำหนดเริ่มต้นทางโหลดโฟลว์ไม่เหมาะสม จากนั้นจะนำผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคดังกล่าว เปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีนิวตัน-ราฟสันเดิม ในแง่ของคุณลักษณะการลู่เข้าของคำตอบและจำนวนรอบที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะนำไปประกอบการพิจารณาเพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์โหลดโฟลว์ของระบบกำลังไฟฟ้าในบางสภาวะ

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำวิทยานิพนธ์

1.7.1 เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์โหลดโฟลว์ สำหรับระบบกำลังไฟฟ้าที่มีข้อกำหนดเริ่มต้นทางโหลดโฟลว์ไม่เหมาะสม

1.7.2 เพื่อได้เรียนรู้ถึงข้อดีและข้อเสียของการวิเคราะห์โหลดโฟลว์แต่ละวิธี และนำไปสู่การเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวิเคราะห์โหลดโฟลว์ให้กับระบบกำลังไฟฟ้าในบางสภาวะ

1.7.3 เพื่อเป็นข้อมูลให้กับงานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องต่อไป

1.8 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ในแต่ละบทเป็นดังนี้

บทที่ 2 กล่าวถึง การคำนวณโหลดโฟลว์ด้วยวิธีนิวตัน-ราฟสันโดยใช้บัสแอดมิตแตนซ์เมตริกซ์ ทั้งในระบบพิกัดฉากและระบบพิกัดเชิงขั้ว ภายใต้สมมติฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์และพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการคำนวณโหลดโฟลว์ โดยจะเริ่มต้นจากการศึกษาวงจรสมมูลย์ขององค์ประกอบต่างๆในระบบกำลัง

ไฟฟ้าและสมการโหลดโฟลว์ที่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ใช้ ในตอนท้ายของบทนี้จะกล่าวถึง ขั้นตอนการคำนวณโหลดโฟลว์ที่จะเป็นพื้นฐานของการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่อไป

บทที่ 3 กล่าวถึง เทคนิคที่จะนำมาใช้พัฒนาวิธีนิวตัน-ราฟสัน เพื่อให้มีคุณลักษณะการลู่เข้าของคำตอบที่ดีขึ้น โดยเฉพาะการคำนวณโหลดโฟลว์กับระบบกำลังไฟฟ้าที่มีสภาวะเริ่มต้นทางโหลดโฟลว์ไม่เหมาะสมตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 1.3 โดยเทคนิคที่ใช้พัฒนาวิธีนิวตัน-ราฟสันในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ยังคงอยู่บนพื้นฐานของการกระจายอนุกรมเทย์เลอร์ ด้วยการรวมความไม่เป็นเชิงเส้นของอนุพันธ์อันดับที่สองซึ่งได้ถูกละทิ้งไปในวิธีนิวตัน-ราฟสันเดิมเข้ามาไว้ในการคำนวณด้วย ในตอนท้ายของบทนี้จะแสดงถึงขั้นตอนการพัฒนาวิธีนิวตัน-ราฟสันด้วยเทคนิคดังกล่าวข้างต้นและจะเป็นพื้นฐานของการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่อไป

บทที่ 4 กล่าวถึง ตัวอย่างและผลการวิเคราะห์ของระบบกำลังไฟฟ้าในบางสภาวะที่แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ที่สภาวะดังกล่าว การคำนวณโหลดโฟลว์ด้วยวิธีนิวตัน-ราฟสันเดิมให้คุณลักษณะการลู่เข้าของคำตอบได้ไม่ดีเท่าที่ควร หรือไม่สามารถลู่เข้าหาคำตอบได้ ในขณะที่การคำนวณโหลดโฟลว์ด้วยวิธีนิวตัน-ราฟสันที่รวมความไม่เป็นเชิงเส้นของอนุพันธ์อันดับที่สองจากการกระจายอนุกรมเทย์เลอร์ จะให้คุณลักษณะการลู่เข้าของคำตอบที่ดีขึ้น อีกทั้งค่าความผิดพลาดของคำตอบลดน้อยลงไปด้วย

บทที่ 5 กล่าวถึง สรุปผลที่ได้จากการวิจัยและข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นหลักเกณฑ์พื้นฐานในการตัดสินใจเลือกวิธีการคำนวณโหลดโฟลว์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับบางสภาวะของระบบกำลังไฟฟ้า

ภาคผนวก ประกอบด้วย ภาคผนวก ก ภาคผนวก ข ภาคผนวก ค ภาคผนวก ง และภาคผนวก จ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ภาคผนวก ก กล่าวถึง การแก้ระบบสมการพีชคณิตที่เป็นเชิงเส้นด้วยวิธีเกาส์อิลิมิเนชั่น

ภาคผนวก ข กล่าวถึง การแก้ระบบสมการพีชคณิตที่ไม่เป็นเชิงเส้นด้วยวิธีนิวตัน-ราฟสัน อันจะเป็นพื้นฐานในการประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาทางโหลดโฟลว์

ภาคผนวก ค กล่าวถึง รายละเอียดของการเขียนภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการคำนวณโหลดโฟลว์

ภาคผนวก ง กล่าวถึง รายละเอียดของการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการคำนวณโหลดโฟลว์

ภาคผนวก จ กล่าวถึง รายละเอียดของผลการคำนวณโหลดโฟลว์สำหรับระบบกำลังไฟฟ้าตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีแนวความคิดที่จะดำเนินการพัฒนาวิธีนิวตัน-ราฟสันด้วยการรวมความไม่เป็นเชิงเส้นของอนุพันธ์อันดับที่สองจากการกระจายอนุกรมเทย์เลอร์ โดยการเขียนโปรแกรมบนซอฟต์แวร์ที่มีชื่อว่า " BORLAND C++ version 3.1 " บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์รุ่น " Pentium 120 " และจะใช้โปรแกรมดังกล่าวทดสอบกับระบบกำลังไฟฟ้าตัวอย่าง เพื่อนำผลการคำนวณที่ได้เปรียบเทียบกับผลการคำนวณที่ได้จากวิธีนิวตัน-ราฟสันเดิม