บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในสภาวะปัจจุบันระบบไฟฟ้ากำลังมีความซับซ้อนมากขึ้นอันเป็นผลสืบเนื่องมาจากแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นของความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังนั้นการวิเคราะห์และวางแผนเพื่อควบคุมระบบไฟฟ้ากำลังจึงถือว่าเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่ง หากปราศจากการวางแผนที่ดีแล้วอาจนำไปสู่ต้นเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาในด้านการผลิตและการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปสู่ผู้บริโภค และอาจจะก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรงได้

สิ่งสำคัญประการหนึ่งในการวิเคราะห์และวางแผนระบบไฟฟ้ากำลังก็คือ ข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลโครงสร้างของระบบ ข้อมูลสถานะของระบบ ข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้า ฯลฯ หากข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์มีความคลาดเคลื่อนจนไม่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้แล้ว การวิเคราะห์ต่างๆถึงแม้จะมีความซับซ้อนมากเพียงใดก็ตาม ผลการวิเคราะห์ที่ได้รับก็อาจจะไม่สามารถเชื่อถือได้หรือนำไปใช้ประโยชน์ได้

การวิเคราะห์ที่มีความสำคัญมากอย่างหนึ่งในการดำเนินการระบบไฟฟ้ากำลังก็คือ การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า (Power flow calculation) ข้อมูลสำคัญที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ดังกล่าวประกอบด้วย ข้อมูลโครงสร้างระบบ และข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่างๆในระบบ โดยทั่วไป เราสามารถทราบข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้าได้จากการวัดและบันทึกค่าจากเครื่องวัดที่ทำการติดตั้ง นอกจากนี้ หากเราทำการบันทึกค่าที่วัดได้และเก็บเป็นสถิติจำนวนมากพอก็ย่อมจะทำให้เราทราบถึงแนวโน้มของความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าและสามารถพยากรณ์โหลดในอนาคตได้ด้วย อย่างไรก็ดี หากเราต้องการทราบข้อมูลที่ทุกๆตำแหน่งในระบบไฟฟ้ากำลังที่เราสนใจ เราจะต้องใช้เครื่องมือวัดเป็นจำนวนมาก ซึ่งก็จะทำให้มีค่าใช้จ่ายที่สูงมากตามมา

แนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวก็คือ ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดแค่บางตำแหน่งในระบบเท่านั้นและอาศัยเทคนิคการประมาณค่าตัวแปรสถานะเพื่อประมาณข้อมูลส่วนที่เหลือในระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งจากในอดีตที่ผ่านมานั้นก็ได้มีความพยายามที่จะพัฒนาวิธีการประมาณค่าตัวแปรสถานะมากมายหลายวิธี วิธีหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้ในการคำนวณคือการใช้วิธีกำลังสองน้อยสุดแบบถ่วงน้ำหนัก[1],[2],[3] แต่แม้ว่าวิธีดั้งเดิมที่ใช้ในการประมาณค่าตัวแปรสถานะจะเป็นที่นิยมใช้ก็ตาม วิธีดังกล่าวนั้นยังมีข้อเสียหลายประการเช่น ไม่สามารถรับประกันการลู่เข้าของ

การประมาณค่าได้ M. Tatsuno Y. Ejima และ S. Iwamoto[4] ได้พยายามแก้ปัญหานี้โดยการใช้วิธีการกำหนดความยาวของช่วงการปรับปรุงค่าตัวแปร (Step length) เพื่อเพิ่มความสามารถในการลู่เข้าให้มากขึ้น

ถึงแม้ว่าจะมีการพัฒวิธีนาการประมาณค่าตัวแปรสถานะมาตั้งแต่อดีต แต่อย่างไรก็ดีโดยส่วนมากนั้นจะเป็นการพัฒนาความสามารถของเทคนิคในการประมาณค่า มีเพียงงานวิจัยบางชิ้นเท่านั้นที่เน้นความสำคัญไปที่การเลือกตำแหน่งเพื่อการติดตั้งเครื่องมือวัด K.L. Lo และ Xiao D.[5] ได้นำเสนอถึงการเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมโดยใช้ทฤษฎีกราฟ (Graph Theory) เข้ามาช่วยในการพิจารณา อย่างไรก็ดีผลที่ได้ก็ยังไม่สามารถรับประกันการลู่เข้าของคำตอบได้ K. Chitte และ K. S. Swamp[6] และ K. A. Clements P. W. Davis และ K. D. Frey[7] ได้พัฒนาวิธีดั้งเดิมโดยการเพิ่มข้อจำกัดบางประการ (Constraints) ขึ้นเพื่อให้ผลจากการประมาณค่านั้นใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น M. Zhou V. A. Centeno และ J. S. Thorp [8] L. Zhao และ A. Abur[9] และ H. Zhao[10] ได้ประยุกต์ใช้เครื่องวัดเฟส (Phasor Measurement Unit ; PMU) เข้ากับการประมาณค่าตัวแปรสถานะทำให้ได้ผลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น แต่การติดตั้ง PMU เข้ากับระบบไฟฟ้ากำลังนั้นก็เป็นเรื่องที่ยุ่งยากเนื่องจากเราต้องทำการอ้างอิงเฟสเซอร์กับบัสอ้างอิงและนอกจากนี้ก็มีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าการติดตั้งเครื่องมือวัดแบบธรรมดาด้วย

งานวิจัยนี้ จะนำเสนอวิธีการประมาณสถานะของระบบไฟฟ้ากำลังโดยอาศัยข้อมูลจากเครื่องมือวัดที่ได้ทำการติดตั้ง โดยในวิธีการดังกล่าวผู้วิจัยจะนำเสนอแนวทางในการกำหนดจำนวนและตำแหน่งที่เหมาะสมของเครื่องมือวัด นอกจากนี้จะนำเสนอวิธีการปรับปรุงระเบียบวิธีการคำนวณเพื่อประมาณค่าของตัวแปรสถานะ เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความแม่นยำและลดโอกาสที่คำตอบจะลู่ออก โดยในการทดสอบวิธีการที่นำเสนอนั้น เราได้ทำการทดสอบกับระบบมาตรฐานต่างๆ รวมถึงระบบทดสอบที่ได้ทำการจำลองขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อพัฒนาวิธีการในการกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือวัดเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการประมาณค่าตัวแปรสถานะในระบบไฟฟ้ากำลัง
2) เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ของความแม่นยำในการประมาณค่าตัวแปรสถานะในระบบไฟฟ้ากำลังกับตำแหน่งในการทำการติดตั้งเครื่องมือวัด และ โครงสร้างของระบบ

1.3 ขอบเขตวิทยานิพนธ์

1) ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความแม่นยำในการประมาณค่าตัวแปรสถานะในระบบไฟฟ้ากำลังโดยเฉพาะผลจากตำแหน่งที่ทำการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัด และ ลักษณะโครงสร้างของระบบ
2) พัฒนากฎเกณฑ์ในการเลือกตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือวัดที่เหมาะสม
3) ตัวแปรสถานะที่พิจาณา คือ ขนาดและมุมของแรงดันที่ตำแหน่งต่างๆในระบบไฟฟ้ากำลัง
4) ศึกษาเฉพาะการทำงานในสภาวะคงตัวของระบบแบบสามเฟสสมดุลเท่านั้น
5) กำหนดให้เราทราบข้อมูลของกำลังไฟฟ้าจริงและขนาดของแรงดัน ณ ตำแหน่งที่มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
6) เครื่องมือวัดไฟฟ้าที่พิจารณาสามารถวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้อย่างน้อย 3 ค่าคือ กำลังไฟฟ้าจริง , กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ และ ขนาดของแรงดันไฟฟ้า

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ศึกษาวิธีการประมาณตัวแปรสถานะที่มีในอดีต
2) ศึกษาและทำการทดสอบถึงจุดด้อยของวิธีการประมาณค่าตัวแปรสถานะในอดีต
3) กำหนดขอบเขตรวมถึงรายละเอียดของข้อมูลต่างๆที่ใช้อ้างอิงในงานวิจัย
4) พัฒนาวิธีการประมาณค่าตัวแปรสถานะที่ใช้ในงานวิจัย
5) ทดสอบวิธีการประมาณค่าที่นำเสนอ
6) ศึกษาความสัมพันธ์ของความแม่นยำในการประมาณค่าตัวแปรสถานะ กับ การเลือกตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือวัดรวมถึง ความสัมพันธ์กับโครงสร้างของระบบที่เราสนใจ
7) พัฒนากฎเกณฑ์ในการเลือกตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือวัด
8) พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อทำการกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือวัด และทำการประมาณค่าตัวแปรสถานะของระบบจากข้อมูลที่ได้รับจากเครื่องมือวัด
9) ทดสอบโปรแกรมที่ได้ทำการพัฒนากับระบบไฟฟ้ากำลังต่างๆ
10) วิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพและความแม่นยำที่ได้จากโปรแกรมที่ทำการพัฒนาขึ้น
11) เรียบเรียง พิมพ์ผลงานการวิจัย และจัดเข้ารูปเล่มเพื่อนำเสนอต่อคณะกรรมการพิจารณาต่อไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) แนวทางในการเลือกตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือวัดที่มีประสิทธิภาพเมื่อนำข้อมูลจากเครื่องมือวัดไปทำการประมาณค่าตัวแปรสถานะ
2) โปรแกรมที่ใช้ในการประมาณค่าตัวแปรสถานะในระบบไฟฟ้ากำลังเมื่อมีข้อมูลเบื้องต้นจำนวนจำกัด
3) โปรแกรมที่ใช่ในการตรวจจับข้อมูลที่ผิดพลาดเบื้องต้น

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ที่นำเสนอถูกจัดเรียงลำดับตามความเหมาะสมในแต่ละบทดังนี้

บทที่ 2 จะกล่าวถึงความรู้พื้นฐานเพื่อใช้ในการวิจัย อันประกอบไปด้วยความรู้พื้นฐานของระบบไฟฟ้ากำลังแบบต่างๆ รวมไปถึงวิธีการคำนวณหาค่าการไหลของกำลังไฟฟ้า (Power Flow Calculation) ซึ่งเป็นวิธีพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณค่าตัวแปรสถานะต่างๆในระบบไฟฟ้ากำลัง

บทที่ 3 จะกล่าวถึงวิธีการประมาณค่าตัวแปรสถานะในระบบไฟฟ้ากำลัง โดยจะได้นำเสนอถึงวิธีการประมาณค่าตัวแปรสถานะแบบดั้งเดิม และวิธีการประมาณค่าที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้

บทที่ 4 จะกล่าวถึงวิธีการเลือกตำแหน่งเครื่องมือวัด โดยจะได้พูดถึงกฎเกณฑ์การเลือกตำแหน่งเครื่องมือวัดเพื่อที่จะกำจัดรูปแบบการติดตั้งเครื่องมือวัดที่ไม่มีประสิทธิภาพออกจากการพิจารณา จากนั้นจะได้นำเสนอวิธีการและดัชนีที่จะใช้ในการพิจารณาติดตั้งเครื่องมือวัดต่อไป

บทที่ 5 จะกล่าวถึงการประยุกต์ใช้การประมาณค่าด้วยวิธีที่นำเสนอกับการตรวจจับข้อมูลที่ผิดพลาด เพื่อเป็นการกำจัดข้อมูลบางส่วนในกรณีที่เกิดมีข้อมูลที่มีความผิดพลาดที่ได้จากเครื่องมือวัด

บทที่ 6 จะเป็นส่วนของการทดสอบ โดยในการทดสอบเราจะทำการทดสอบกับระบบทดสอบ 4 บัส , ระบบทดสอบ 9 บัส , ระบบทดสอบ 14 บัส และระบบทดสอบ 30 บัส เพื่อให้เห็นถึงประสิทธิภาพ และปัญหาของวิธีการที่นำเสนอ

บทที่ 7 จะเป็นส่วนของสรุปและข้อเสนอแนะเพื่อที่จะใช้ในการพัฒนาโปรแกรมการคำนวณในขั้นต่อไป