บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โดยทั่วไปแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้ามักอยู่ห่างไกลจากผู้ใช้ไฟฟ้า จึงจำเป็นต้องทำการเชื่อมต่อแหล่งผลิตที่กระจายตัวอยู่ในที่ต่างๆ เข้ากับผู้ใช้ไฟฟ้าผ่านสายส่งและสายจ่าย ในขณะที่ทำการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าอยู่นั้น หากมีการเชื่อมเข้า หรือปลดสายส่งออกจากระบบ ไม่ว่าจะเนื่องจากตั้งใจกระทำ หรืออุบัติเหตุก็ตามจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อการส่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้าที่มีอยู่เดิมนั้น ซึ่งมักทำให้ทางหน่วยงานที่รับผิดชอบต้องดำเนินการจัดสรรกำลังการผลิต และการจัดจ่ายกำลังไฟฟ้า การตัดโหลด ตลอดจนการควบคุมในสายส่ง เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่บัสต่างๆ เกิดขึ้น ซึ่งค่าต่างๆ เหล่านี้สามารถคำนวณได้ด้วยกระบวนการที่เรียกว่า การวิเคราะห์เหตุขัดข้อง (Contingency analysis)

ในทางปฏิบัติ เจ้าหน้าที่ทางด้านวางแผน หรือปฏิบัติการด้านระบบไฟฟ้ากำลัง จะต้องทำการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากเหตุขัดข้องแต่ละเหตุการณ์ ซึ่งมีวิธีการเกิดขึ้นได้มากมาย ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องได้ผลตอบในเวลาอันรวดเร็ว อีกทั้งเนื่องจากเหตุขัดข้องต่างๆ ที่เกิดขึ้นนั้นอาจไม่ได้ทำให้ระบบเสียหาย (System failure) ในทุกเหตุการณ์ มีเพียงบางเหตุการณ์เท่านั้นที่มีผลกระทบที่รุนแรงต่อระบบ ดังนั้นหากเราสามารถแยกแยะเฉพาะเหตุขัดข้องที่มีผลทำให้ระบบเสียหายรุนแรงออกจากเหตุการณ์ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบแล้ว ก็จะสามารถทำให้การเตรียมการรับมือกับเหตุขัดข้องที่เกิดขึ้นได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนั้นในการคำนวณที่จำเป็นต้องพิจารณาผลจากเหตุขัดข้องเหล่านี้ เช่นการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบผลิตและส่งไฟฟ้ากำลัง เป็นต้น ก็จะสามารถทำได้รวดเร็วขึ้น เนื่องจากจะทำให้สามารถลดจำนวนเหตุการณ์ที่ต้องพิจารณา และลดเวลาที่ใช้ในการคำนวณ ทั้งนี้การดำเนินการแยกแยะความรุนแรงของเหตุขัดข้องต่างๆ สามารถกระทำได้โดยอาศัยวิธีการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องในระบบไฟฟ้ากำลัง (Contingency ranking in power systems)

ในอดีตที่ผ่านมา ได้มีนักวิจัยหลายท่านตีพิมพ์ผลงานเป็นจำนวนมาก และได้เสนอวิธีการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องในระบบไฟฟ้ากำลังที่ต่างๆ กันไป เช่น

SHAALAN, A.M. [2] และ IRISARRI, G., SASSON, A.M. [1] ได้เสนอวิธีการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องในระบบไฟฟ้ากำลังโดยอาศัยค่าดัชนีสภาวะกำลังไฟฟ้า (PI_{MW}) เป็นตัววัดสภาพของระบบผ่านค่ากำลังไฟฟ้าที่ไหลอยู่ในสายส่ง โดยทำการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าที่ไหลอยู่ในสายส่งหลังเกิดเหตุขัดข้องกับค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถไหลผ่านสายส่งได้ (Power limit) ถ้าหากอัตราส่วนนี้มีค่ามากกว่าหนึ่ง ก็แสดงว่าสายส่งเส้นนั้นๆ มีกำลังไฟฟ้าไหลอยู่เกินความสามารถที่รองรับได้ของสายส่ง (Line overloaded) อันจะเป็นปัญหาแก่ระบบไฟฟ้า

WASLEY, R.G., DANESHDOOST, M. [3] ได้เสนอวิธีจัดเรียงโดยอาศัยค่าดัชนีสภาวะแรงดัน (PI_V) เป็นตัววัดสภาพของระบบผ่านค่าแรงดันที่บัสต่างๆ โดยทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันที่บัส (ΔV) หลังเกิดเหตุขัดข้องกับช่วงของการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันที่ยอมรับได้ ถ้าหากอัตราส่วนนี้มีค่าเกินหนึ่ง ก็แสดงว่าแรงดันที่บัสนั้นๆ มีค่าสูง (หรือต่ำ) เกินค่าที่ยอมรับได้ อันจะเป็นปัญหาต่อระบบไฟฟ้า

JASMON, G.B., LEE, L.H.C.C. [7] ได้เสนอวิธีการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องโดยอาศัยเกณฑ์เสถียรภาพแรงดัน (Voltage Stability Criterion) ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ว่า เมื่อเกิดเหตุขัดข้องใดๆ ขึ้นแล้ว ระบบจะเกิดการพังทลายของแรงดันหรือไม่ และถ้าหากว่าเหตุขัดข้องดังกล่าวนั้นไม่ทำให้เกิดการพังทลายของแรงดัน ก็สามารถพิจารณาได้ว่า เหตุขัดข้องนั้นๆ ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ระบบมากน้อยเพียงใด

โดยทั่วไปการคำนวณค่าดัชนีดังกล่าวภายหลังที่เกิดเหตุขัดข้องขึ้นนั้น จำเป็นจะต้องอาศัยค่ากำลังไฟฟ้าที่ไหลอยู่ในสายส่งหลังเกิดเหตุขัดข้อง (สำหรับค่าดัชนีสภาวะกำลังไฟฟ้า) และค่าแรงดันที่บัสต่างๆ หลังเกิดเหตุขัดข้อง (สำหรับค่าดัชนีสภาวะแรงดัน) ซึ่งอาจจะคำนวณได้โดยทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า (Load Flow) ใหม่อีกครั้งหลังเกิดเหตุขัดข้อง แต่วิธีการเช่นนี้จะเสียเวลาในการคำนวณมาก จึงได้มีผู้เสนอวิธีการคำนวณค่าดังกล่าวหลังเกิดเหตุขัดข้องไว้หลายวิธีเช่น

IRISARRI, G., SASSON, A.M. [1] ได้เสนอวิธีการคำนวณโดยอาศัยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าแบบกระแสตรง (DC Load Flow)

SHAALAN, A.M. [2] ได้เสนอวิธีการหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ไหลอยู่ในสายส่งหลังเกิดเหตุขัดข้อง เพื่อใช้ในการคำนวณค่าดัชนีสภาวะกำลังไฟฟ้า โดยอาศัย Network Sensitivity Factors ได้แก่

- Generation outage distribution factor (GODF) แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงการไหลของกำลังไฟฟ้าในสายส่ง เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของกำลังการผลิตที่บัสต่างๆ

- Line outage distribution factor (LODF) แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของการไหลของกำลังไฟฟ้าในสายส่งต่างๆ เมื่อสายส่งเส้นอื่นหลุดออกจากระบบ

BILLINTON, R., KHAN, E., AGARWAL, S.K. [4] คำนวณโดยอาศัย Sherman-Morrison correction formula

MOHAMED, A., JASMON, G.B. [5] คำนวณโดยอาศัย DC formulation และวิธีการ compensate เพื่อหาค่ามุมของแรงดันก่อน จากนั้นใช้ Superdecoupled Load Flow ในการหาขนาดแรงดันต่อไป

ALBUYEH, F., BOSE, A. and HEATH, B. [8] และ NARA, K., TANAKA, K. [9] ได้เสนอวิธีการคำนวณแบบ 1P-1Q ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณที่อาศัยเทคนิคการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าแบบ Fast Decoupled Load Flow

ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์, นาย วันชัย ไพศาลรัตนานุกูล [6] ได้เสนอวิธีการคำนวณด้วยวิธี Z_{bus} ซึ่งให้ผลตอบที่ใกล้เคียงกับค่าจริงที่จะได้จากการคำนวณด้วยวิธี AC Load Flow และใช้เวลาในการคำนวณน้อย เนื่องจากไม่จำเป็นต้องทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าใหม่ทั้งหมด เพียงแต่อาศัยค่าคำตอบจากสภาวะปกติก่อนเกิดเหตุขัดข้องมาใช้ประกอบในการคำนวณเท่านั้น

จากที่กล่าวมาข้างต้น เราสามารถสรุปวิธีการวิเคราะห์และการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องในระบบไฟฟ้ากำลังได้ดังนี้

1) คำนวณค่าแรงดันที่บัสและกำลังไฟฟ้าในสายส่ง หลังเกิดเหตุขัดข้องขึ้น

2) คำนวณค่าดัชนีสภาวะของระบบ โดยอาศัยค่าแรงดัน และกำลังไฟฟ้าในสายส่งที่ได้หลังเกิดเหตุขัดข้อง เพื่อใช้ในการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้อง

3) วิเคราะห์เหตุขัดข้องที่จัดเรียงตามลำดับ เพื่อศึกษาถึงผลกระทบที่มีต่อระบบไฟฟ้ากำลังและประเมินความมั่นคงของระบบไฟฟ้ากำลัง

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะได้นำความรู้ที่ได้รับจากการศึกษา มาใช้ในการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องในระบบไฟฟ้ากำลัง และประเมินความมั่นคงของระบบไฟฟ้ากำลัง โดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์เหตุขัดข้องในระบบไฟฟ้ากำลังด้วยวิธี Z_{bus} และค่าดัชนีสภาวะของระบบ ทั้งทางด้านกำลังไฟฟ้า และทางด้านแรงดัน และทำการเปรียบเทียบวิธีการดังกล่าวกับวิธีการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องโดยอาศัยค่าแรงดันที่บัสต่างๆ และค่ากำลังไฟฟ้าในสายส่ง หลังเกิดเหตุขัดข้อง ที่ได้จากการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าใหม่ เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus}

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

เพื่อศึกษาและวิจัยวิธีการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องในระบบไฟฟ้ากำลัง และการประเมินความมั่นคงในระบบไฟฟ้ากำลัง โดยอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์เหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} ร่วมกับ ดัชนีสภาวะ (Performance Indices) ของระบบ

1.3 ขั้นตอนการศึกษาและวิธีการดำเนินงาน

1)ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยค้นคว้าจากหนังสือ และวารสารต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2)ศึกษาการวิเคราะห์เหตุขัดข้องในระบบไฟฟ้ากำลังด้วยวิธี Z_{bus}

3)ศึกษาเทคนิคและวิธีการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องในระบบไฟฟ้ากำลัง และการคำนวณค่าดัชนีสภาวะของระบบ

4)ทำการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านระบบไฟฟ้ากำลัง เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในงานวิจัย

5)ทดสอบ วิเคราะห์ และสรุปผลที่ได้จากการวิจัย

6)เรียบเรียง และจัดพิมพ์วิทยานิพนธ์ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไข และจัดรูปเล่ม เพื่อเสนอต่อคณะกรรมการฯ ต่อไป

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 ขอบเขตการวิจัยของวิทยานิพนธ์

1) ทำการวิเคราะห์เหตุขัดข้องต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้ากำลังด้วยวิธี Z_{bus} แล้วนำผลที่ได้ไปคำนวณค่าดัชนีสภาวะกำลังไฟฟ้า และค่าดัชนีสภาวะแรงดัน เพื่อใช้ในการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องเหล่านั้นต่อไป

2) ทำการพิจารณาความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์เหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} โดยเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยค่าดัชนีสภาวะกำลังไฟฟ้า และค่าดัชนีสภาวะแรงดัน ที่ใช้ค่ากำลังไฟฟ้า และค่าแรงดันที่บัสหลังเกิดเหตุขัดข้องจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Z_{bus} กับการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยค่าดัชนีสภาวะกำลังไฟฟ้า และค่าดัชนีสภาวะแรงดัน ที่ใช้ค่ากำลังไฟฟ้า และค่าแรงดันที่บัส หลังเกิดเหตุขัดข้องจากการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าใหม่

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์

1) เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับทำการวิเคราะห์เหตุขัดข้องในระบบไฟฟ้ากำลัง และจัดเรียงความรุนแรงของเหตุขัดข้องที่เกิดขึ้นในแต่ละกรณี

2) สามารถใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อทำการจัดเรียงความรุนแรงของเหตุขัดข้อง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการคำนวณความเชื่อถือได้ของระบบผลิตและส่งไฟฟ้ากำลัง ให้เป็นไปอย่างรวดเร็วขึ้น

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} สำหรับการประเมินความมั่นคงในระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งมีเนื้อหาในแต่ละบทดังนี้

บทที่ 2 จะกล่าวถึงความรู้พื้นฐานของระบบไฟฟ้ากำลัง ได้แก่ วงจรสมมูลย์ขององค์ประกอบในระบบไฟฟ้ากำลัง การสร้างบัสแอดมิตแตนซ์เมตริกซ์โดยวิธีอิลิเมนต์สแตมป์

บทที่ 3 เป็นเนื้อหาของการวิเคราะห์เหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} คือ การเพิ่มเข้าและปลดออกของสายส่ง การวิเคราะห์เหตุขัดข้องในระบบไฟฟ้ากำลัง และการวิเคราะเหตุขัดข้องด้วยแบบจำลองกระแสตรง

บทที่ 4 กล่าวถึงการคำนวณค่าดัชนีสภาวะกำลังไฟฟ้า และค่าดัชนีสภาวะแรงดันของระบบ และกล่าวถึงขั้นตอนในการประยุกต์การวิเคราะห์เหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} ที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3

เพื่อใช้ในการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องเพื่อประเมินความมั่นคงในระบบไฟฟ้ากำลัง การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าด้วยวิธีนิวตัน – ราฟสัน (Newton – Raphson method) และวิธีการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าและกำลังสูญเสียที่ไหลอยู่ในสายส่ง ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือพื้นฐานในการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้อง เพื่อเปรียบเทียบกับการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus}

บทที่ 5 แสดงตัวอย่างของระบบที่ใช้ในการทดสอบ ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้อง และวิเคราะห์ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} เปรียบเทียบกับการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า

บทที่ 6 สรุปผลงานวิจัย ปัญหาที่เกิดขึ้น และข้อเสนอแนะในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย