บทที่ 5

สรุปและเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ศึกษาและวิเคราะห์ความผิดพร่องที่อาจเกิดขึ้นในระบบกำลังไฟฟ้าโดยใช้ระบบพิกัดเฟส เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีองค์ประกอบสมมาตรซึ่งเป็นที่นิยมใช้กัน โดยวิธีองค์ประกอบสมมาตรนั้น จะแปลงระบบกำลังไฟฟ้าจากระบบ 3 เฟส ไปเป็นองค์ประกอบสมมาตร 3 ลำดับ คือ องค์ประกอบลำดับบวก องค์ประกอบลำดับลบ และองค์ประกอบลำดับศูนย์ และจำลองความผิดพร่องชนิดต่างๆ โดยการนำวงจรลำดับทั้ง 3 วงจร มาปรับเปลี่ยนและต่อเข้าด้วยกันโดยมีข้อสมมติว่าระบบมีความสมดุลย์ก่อนเกิดความผิดพร่อง แต่ถ้ามีความไม่สมดุลย์เกิดขึ้นในระบบ เช่น สายส่งที่วางไม่สลับที่ โหลด 1 เฟส ขนาดใหญ่ ความผิดพร่องที่เกิดขึ้นพร้อมกันหลายแห่ง ก็จะทำให้เกิดการคัปปลิ้งของวงจรลำดับทั้งสาม ดังนั้นการต่อโยงของวงจรลำดับและสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาจะมีความยุ่งยากและซับซ้อน

แต่ในที่นี้จะจำลอง อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ในระบบกำลังไฟฟ้า เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส สายส่ง หม้อแปลงหลายเฟส และ โหลด โดยใช้ระบบพิกัดเฟส แล้วนำแบบจำลองดังกล่าวไปสร้างโหนดแอดมิตแตนซ์เมตริกซ์พื้นฐานแบบหลายเฟส ซึ่งจะรวมความไม่สมดุลย์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติไว้ด้วย และจะทำการวิเคราะห์ความผิดพร่องทั้งแบบสมดุลย์และไม่สมดุลย์ ในทุกๆ สภาวะของระบบโดยใช้วิธีแหล่งจ่ายกระจายตัว ซึ่งเกี่ยวข้องกับการปรับเปลี่ยนโหนดแอดมิตแตนซ์เมตริกซ์พื้นฐานแบบหลายเฟส และการแก้สมการพีชคณิตเชิงเส้นแบบมีเงื่อนไขบังคับ ซึ่งเมื่อรวมทฤษฎีการทับซ้อนก็จะทำให้สามารถวิเคราะห์ความผิดพร่องที่เกิดขึ้นพร้อมกันหลายแห่งได้โดยง่าย

ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ความผิดพร่องโดยใช้ระบบพิกัดเฟสจึงได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการวิเคราะห์ความผิดพร่องโดยใช้ชื่อว่า "Fault Analysis using Phase Coordinates" หรือ "FAPC" ซึ่งเขียนด้วยซอฟแวร์ที่มีชื่อว่า "BORLAND C++ Version 2.0" ที่มีการประมวลผลบนระบบปฏิบัติการณ์ดอส โดยที่โปรแกรมนี้ได้เตรียมไว้สำหรับการวิเคราะห์ระบบกำลังไฟฟ้าที่มีขนาด 30 บัส

ผลจากการวิเคราะห์ความผิดพร่องในระบบกำลังไฟฟ้าตัวอย่างมาตรฐาน IEEE ทั้ง 3 ตัวอย่าง จะพบว่า ในระบบขนาด 3 บัส ซึ่งมีเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับสายส่ง ผลการวิเคราะห์ความผิดพร่องด้วยวิธีที่ใช้ระบบพิกัดเฟสกับวิธีที่ใช้องค์ประกอบสมมาตร จะมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก แต่ผลการวิเคราะห์ความผิดพร่องจากทั้งสองวิธี จะให้ผลที่แตกต่างกันมากพอสมควรในระบบขนาด 6 บัส ที่มีหม้อแปลงหลายเฟสรวมอยู่ด้วยโดยเฉพาะถ้าโหนดที่เกิดความผิดพร่องต่อกับด้านเดลตาของหม้อแปลงที่ต่อแบบเดลตา-สตาร์ นอก

จากนี้ผลของการวิเคราะห์ความผิดพร่องโดยรวมความไม่สมดุลย์ต่างๆ ของระบบเข้าไปด้วย ก็จะมีความแตกต่างจากสภาวะที่สมมติให้ระบบมีความสมดุลย์พอสมควร

โดยสรุปแล้วการวิเคราะห์ความผิดพร่องโดยใช้ระบบพิกัดเฟส มีข้อดีต่างๆ คือ

1) จะใช้แบบจำลองในระบบพิกัดเฟสที่มีความละเอียดมากกว่าวิธีองค์ประกอบสมมาตร เช่น แบบจำลองของหม้อแปลง เป็นต้น

2) สามารถรวมความไม่สมดุลย์ต่างๆ ทั้งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และที่เกิดจากความผิดพร่องเข้าไปในการวิเคราะห์ความผิดพร่อง

3) สามารถวิเคราะห์ความผิดพร่องที่เกิดขึ้นบนเฟสอ้างอิงอื่นๆ ได้

4) วิเคราะห์ความผิดพร่องชนิดหนึ่งสายลงดินที่เกิดพร้อมกับการเปิดวงจรของสายส่ง ได้โดยง่าย

วิธีนี้ยังเหมาะแก่การวิเคราะห์ระบบกำลังไฟฟ้าที่ประกอบด้วยระบบ 2 เฟส และ ระบบ 3 เฟส ปะปนกัน ระบบจำหน่าย หรือการศึกษาสภาพพลวัตของกระแสผิดพร่องเพื่อดูผลทางด้านเสถียรภาพของระบบ ซึ่งจะเป็นวิธีการวิเคราะห์ความผิดพร่องที่ง่ายและจะใช้กันอย่างกว้างขวางมากกว่าวิธีองค์ประกอบสมมาตรในอนาคต แต่จะมีข้อเสีย คือ โหนดแอดมิตแตนซ์เมตริกซ์พื้นฐานแบบหลายเฟสจะมีขนาดใหญ่เป็น 3 เท่าของวิธีแบบเดิม ซึ่งมักจะทำให้เกิดปัญหาด้านหน่วยความจำในคอมพิวเตอร์เสมอ

การวิเคราะห์ความผิดพร่องโดยใช้ระบบพิกัดเฟสในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถนำไปพัฒนาเพื่อประยุกต์ใช้งานได้จริงในทางปฏิบัติ แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ทำภายใต้ขอบเขตที่จำกัด ดังนั้นการที่จะนำไปพัฒนาเพื่อประยุกต์ใช้งานจริงได้จำเป็นต้องปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ซึ่งสามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะได้ดังนี้

1) พัฒนาโปรแกรม ให้สามารถวิเคราะห์ระบบกำลังไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ขึ้นไปเพื่อสามารถนำไปใช้งานจริงได้

2) สามารถที่จะรวมผลของสายดิน สายควบ ฉนวน วงจรขนาน หรือ รายละเอียดอื่นๆ ของสายส่งเข้าไปในแบบจำลองของสายส่ง ซึ่งจะทำให้ได้แบบจำลองที่มีความละเอียดขึ้นและมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย

3) วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ พิจารณาเฉพาะหม้อแปลง 3 เฟสที่ต่อแบบสตาร์-สตาร์ และ แบบเดลตา-สตาร์ เท่านั้น แต่เรายังสามารถพิจารณา หม้อแปลงแบบ 3 ขดลวด หม้อแปลงที่ต่อแบบเปิดวงจรเดลตา หม้อแปลง 1 เฟส รวมทั้งผลของโครงสร้างทางแกนเหล็กและการอิ่มตัวของแกนเหล็กได้อีกด้วย

4) ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะใช้แบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นแบบแหล่งจ่ายกระแสคงที่ต่อขนานกับอิมพีแดนซ์ภายในของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่จะสามารถพัฒนาโปรแกรมโหลดโฟลว์แบบ 3 เฟสเพื่อใช้ควบคู่กับแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็จะทำให้ได้แบบจำลองที่มีความละเอียดยิ่งขึ้น

5) วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ วิเคราะห์ความผิดพร่องเฉพาะที่เกิดขึ้นที่บัสเท่านั้น จึงควรพัฒนาให้สามารถวิเคราะห์ความผิดพร่องที่เกิดขึ้นที่เกิดขึ้นกับสายส่งด้วย