บทที่ 7
สรุปและข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงเวฟเลทในการวิเคราะห์คุณลักษณะของคุณภาพไฟฟ้า 2 ชนิด คือ ปรากฏการณ์การสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังและปรากฏการณ์แรงดันตกชั่วขณะ ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ดังนี้คือ การสันนิษฐานรูปแบบการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังและการหาขนาดและช่วงเวลาที่เกิดแรงดันตกชั่วขณะ ซึ่งผลการทดลองได้นำเสนอในบทที่ 4 และ 5 โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

7.1 การสันนิษฐานรูปแบบการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลัง

7.1.1 รูปคลื่นที่ได้จากการจำลองบน ATP/EMTP

กรณีศึกษาที่ 1 Normal Energizing: การทดลองนี้ใช้รูปคลื่นทั้งหมด25 รูปคลื่น โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของโหลดและตำแหน่งเวลาที่สับสวิตช์ ซึ่งรูปคลื่นทั้งหมดทั้ง 3 เฟสแสดงไว้ที่รูปที่ 5.17-5.41 ในบทที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของรูปคลื่นแสดงไว้ในตารางที่ 5.5-5.8 และผลการทดสอบการสันนิษฐาน ซึ่งแสดงในตารางที่ 5.9 ได้ผลคือสามารถสันนิษฐานได้ถูกต้องทั้ง 25 รูปคลื่น อาจจะกล่าวได้ว่า เงื่อนไขของรูปแบบการสับสวิตช์นี้ไม่เปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของโหลดและตำแหน่งการสับสวิตช์สำหรับกรณีที่ใช้รูปคลื่นทั้ง 3 เฟส และข้อดีของการใช้รูปคลื่นทั้ง 3 เฟสคือสามารถเลือกใช้คุณลักษณะที่ครบตามเงื่อนไขของรูปแบบการสับสวิตช์จากเฟสใดเฟสหนึ่งเพื่อช่วยตัดสินใจ

กรณีศึกษาที่ 2 Back to Back Energizing: การทดลองนี้ใช้ 25 รูปคลื่นเช่นเดียวกับกรณีที่ 1 และทดลองที่การเปลี่ยนแปลงของโหลดและตำแหน่งการสับสวิตช์ โดยรูปทั้งหมดจะแสดงไว้ในรูปที่ 5.44-5.68 และตารางสรุปผลการวิเคราะห์คุณลักษณะตั้งแต่ตารางที่ 5.10-5.13 และผลการสันนิษฐานแสดงไว้ในตารางที่ 5.14 สรุปได้ว่าสามารถสันนิษฐานถูกต้องทั้งหมด เช่นเดียวกัน โดยไม่สนใจการเปลี่ยนแปลงของโหลดและตำแหน่งการสับสวิตช์ในกรณี 3 เฟส เช่นเดียวกับกรณีที่ 1

กรณีศึกษาที่ 3 Capacitor Switch Restrike on open: เป็นกรณีที่เกิดขึ้นค่อนข้างยากมากในระบบไฟฟ้า เพราะว่าต้องมีการสับสวิตช์ที่ตรงตำแหน่งที่จะเกิดจริงๆจึงจะเกิดปัญหาดังกล่าวดังนั้นการจำลองจึงใช้วงจรตามรูปที่ 5.69 และลองเปลี่ยนอิมพีแดนซ์ของระบบไฟฟ้า 4 ครั้ง ปัญหานี้จะเกิดขึ้นเพียงเฟสเดียวคือเฟสที่มีการอาร์ค ดังนั้นการวิเคราะห์จึงใช้เพียงเฟสเดียว ซึ่งพบปัญหาในการวิเคราะห์คือ คุณลักษณะของรูปคลื่นที่จำลองมาไม่ตรงกับ

เงื่อนไขของการเกิด Restrike เป็นเพราะว่าค่าความต้านทานในการเกิดอาร์ค มีค่าไม่ตรงกับความเป็นจริง ดังนั้นการสันนิษฐานจึงต้องพิจารณาจากคุณลักษณะที่ตรงในเงื่อนไขที่สำคัญของรูปแบบต่างๆ แล้วจึงตัดสินใจเลือกรูปแบบ ซึ่งในตารางที่ 5.15 ได้ผลการสันนิษฐานถูกต้องทั้งหมดเช่นเดียวกัน

7.1.2 รูปคลื่นที่ได้จากการทดลองปลดสับจริง

เมื่อได้ทดลองจากการจำลองพบว่าผลการสันนิษฐานถูกต้อง ดังนั้นจึงเป็นการสรุปได้ว่าวิธีการนี้สามารถใช้ได้ในระดับหนึ่ง จึงต้องมีการทดลองจากเหตุการณ์จริงของการปลดและสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังที่แรงดันระดับกลางซึ่งสามารถเก็บผลมาได้ทั้งหมด 9 เหตุการณ์แบบ 1 เฟส โดยแบ่งออกเป็น Normal Energizing 3 เหตุการณ์ และ Back To Back Energizing 6 เหตุการณ์สำหรับเหตุการณ์ Restrike ไม่สามารถบันทึกได้เนื่องจากไม่เกิดเหตุการณ์ดังกล่าว จากการทดลองซึ่งสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 5.78 ถึง 5.86 และตารางที่ 5.16 ถึง 5.17 เป็นผลการวิเคราะห์คุณลักษณะและผลการสันนิษฐานโดยที่ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของรูปคลื่นทั้งหมดไม่ตรงกับเงื่อนไขของการปลดสับสวิตช์ทั้ง 3 แบบเลย ดังนั้นจึงต้องใช้การพิจารณาจากคุณลักษณะของรูปคลื่นที่ตรงกับเงื่อนไขมากที่สุดและเป็นเงื่อนไขสำคัญของแต่ละรูปแบบ ในการตัดสินใจเพื่อสันนิษฐานซึ่งผลที่ได้คือสามารถสันนิษฐานถูกต้องทั้งหมด

7.1.3 ข้อแนะนำของการสันนิษฐานรูปแบบการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลัง

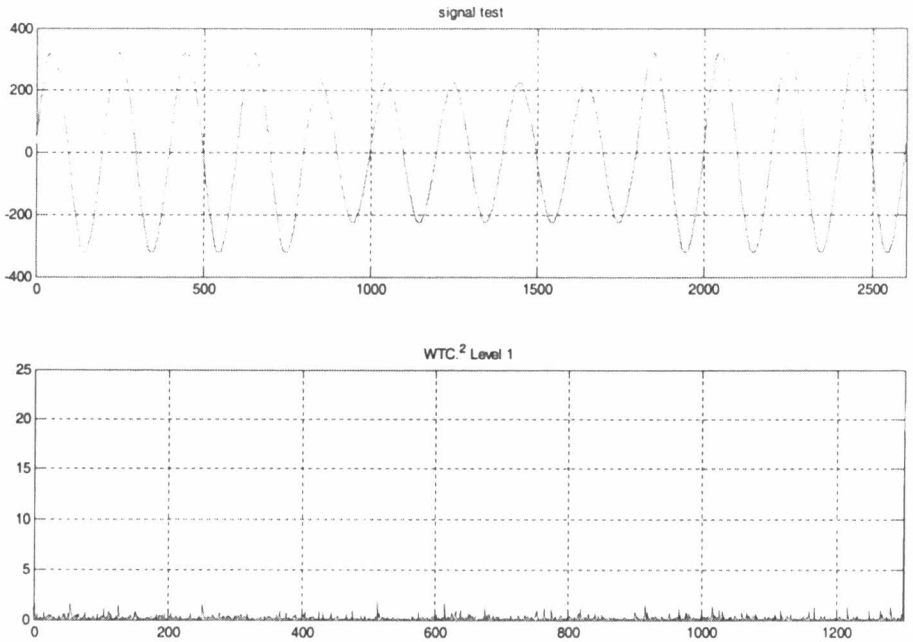
ในการสันนิษฐานรูปแบบการปลดสับสวิตช์จากเหตุการณ์จริงควรบันทึกให้ได้ทั้ง 3 เฟส จึงจะเหมาะสมเพราะว่าสามารถช่วยในการตัดสินใจเหมือนในการจำลองแต่ยังมีปัญหาที่ว่าไม่มีอุปกรณ์ในการบันทึกผลที่ทำงานร่วมกับหม้อแปลงเครื่องวัดได้ดีเนื่องจากการอิ่มตัวของแกนเหล็กของหม้อแปลงเครื่องวัด ดังนั้นวิธีที่ดีที่สุดในการบันทึกผลคือการใช้ตัวต้านทานแบ่งแรงดันซึ่งในการวิจัยนี้ใช้วิธีดังกล่าวในการบันทึก

7.2 การหาคุณลักษณะแรงดันตกชั่วขณะโดยใช้การแปลงเวฟเลท

สำหรับในหัวข้อนี้ทดลองจากรูปคลื่นที่ได้จากเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะเพราะว่าสามารถอ้างอิงขนาดและระยะเวลาที่เกิดได้ ซึ่งในการทดลองได้ทดสอบความผิดพลาดของการหาคุณลักษณะ เมื่อมุมบนคลื่นที่เริ่มเกิดแรงดันตกมีค่าต่างกัน

7.2.1 มุมเริ่มเกิดเป็น 0 องศา

ความผิดพลาดในการหาคุณลักษณะค่อนข้างสูงมากเนื่องจากผลตอบสนองของการแปลงเวฟเลทกับรูปคลื่นแรงดันตกที่มุมเริ่มเกิด 0 องศา มีค่าน้อยมากสามารถสังเกตได้จากรูปที่ 7.1 ซึ่งไม่สามารถหาระยะเวลาการเกิดของแรงดันตกได้โดยที่การคำนวณหาขนาดของแรงดันตกชั่วขณะจะต้องอาศัยระยะเวลาการเกิดแรงดันตกด้วยจึงทำให้ผลการหาคุณลักษณะผิดพลาดมาก



รูปที่ 7. 1 การหาช่วงเวลาที่เกิดแรงดันตกชั่วขณะผิดพลาด

7.2.2 มุมเริ่มเกิดเป็น 30 องศา

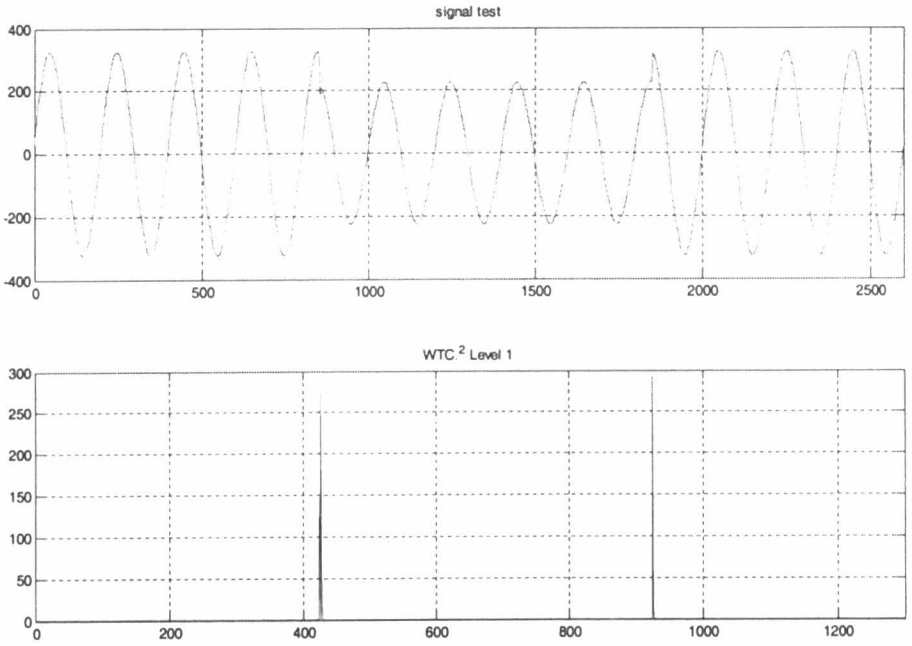
การตอบสนองของการแปลงเวฟเลทของการเปลี่ยนแปลงของรูปคลื่นที่มุมนี้ชัดเจน กล่าวคือสามารถบอกตำแหน่งการเริ่มเกิดและหยุดเกิดได้ใกล้เคียงกับความจริงจึงทำให้ผลการคำนวณหาคุณลักษณะของแรงดันตกชั่วขณะถูกต้องมาก จะเห็นได้จากกราฟรูปที่ 6.30 -6.31

7.2.3 มุมเริ่มเกิดเป็น 60 องศา

ที่ขนาดแรงดันตั้งแต่ 0.5 ต่อหน่วยลงมาจะมีค่าความผิดพลาดของการหาขนาดสูงและการหาช่วงเวลาที่เกิดที่มุมนี้มีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 5 % ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดีมาก แสดงให้เห็นว่าความผิดพลาดเพียงเล็กน้อยของช่วงเวลาที่เกิดแรงดันตกชั่วขณะ จะมีผลทำให้การหาขนาดแรงดันตกชั่วขณะตั้งแต่ 0.5 ต่อหน่วยลงมามีความผิดพลาดสูงนั้นเอง

7.2.4 มุมเริ่มเกิดเป็น 90 องศา

เป็นมุมที่ผลตอบสนองการแปลงเวฟเลทของเปลี่ยนแปลงของรูปคลื่นสูงมากทำให้การหาช่วงเวลาการเกิดของแรงดันชั่วขณะมีการผิดพลาดน้อยทำให้การหาขนาดถูกต้องมากตามไปด้วย พิจารณาจากรูปที่ 7.2



รูปที่ 7. 2 การหาช่วงเวลาที่เกิดแรงดันตกชั่วขณะที่ถูกต้อง

7.2.5 มุมเริ่มเกิด 270 องศา

ผลการวิเคราะห์จะให้ผลเช่นเดียวกับมุม 90 องศาคือเป็นมุมที่ผลตอบสนองการแปลงเวฟเลทของการเปลี่ยนแปลงของรูปคลื่นสูงมาก แต่ในการหาขนาดแรงดันน้อยๆ ประมาณ 0.1 ต่อหน่วยมีความไวต่อการผิดพลาดของการหาช่วงเวลาการเกิดของแรงดันชั่วขณะ สังเกตได้จากรูปที่ 6.36-6.37 ในบทที่ 6

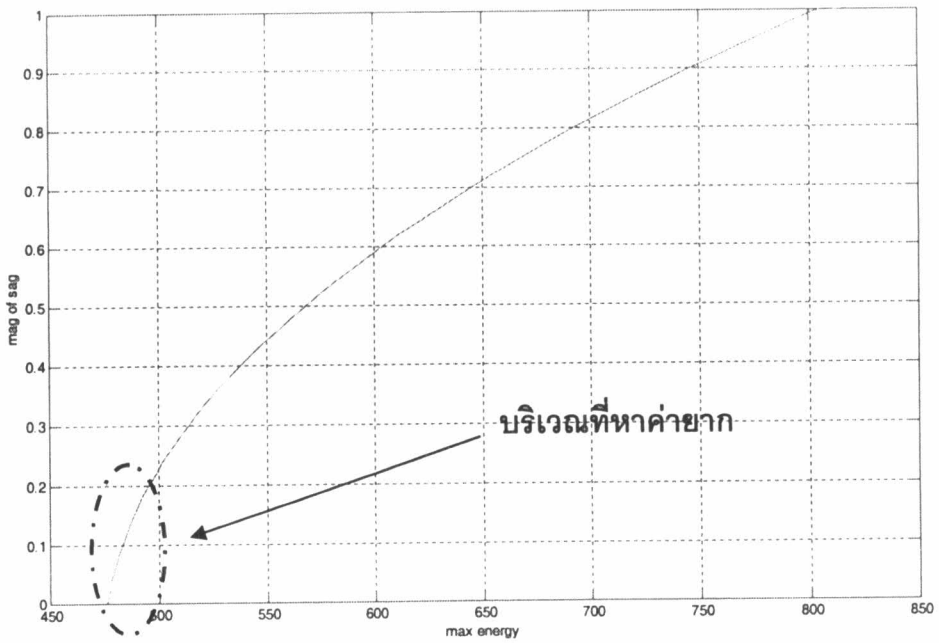
7.2.6 มุมเริ่มเกิด 330 องศา

การหาขนาดจะมีการผิดพลาดน้อยในช่วงของขนาดแรงดันที่มากกว่า 0.1 ต่อหน่วยขึ้นไป แต่สำหรับการหาช่วงเวลาการเกิดแรงดันตกชั่วขณะจะมีค่าผิดพลาดสูงที่ช่วงของขนาดแรงดันที่มากกว่า 0.7 ต่อหน่วยตามรูปที่ 6.38-6.39 ในบทที่ 6

7.2.7 ข้อแนะนำของการหาคุณลักษณะของแรงดันตกชั่วขณะโดยใช้การแปลงเวฟเลท

จากการทดลองทั้งหมดจะพบว่าการหาคุณลักษณะที่ผิดพลาดมากที่สุดคือที่มุมเริ่มเกิดเป็น 0 องศา ดังนั้นสมมติว่าสร้างแรงดันตก 3 เฟสที่มุมเริ่มเกิด 0 องศาที่เฟส A จะพบว่าอีก 2 เฟส ที่เหลือคือ เฟส B และ C มุมเริ่มเกิดจะเป็น 120 องศาและ 240 องศาดังนั้นการหาคุณลักษณะของแรงดันตกชั่วขณะจากรูปคลื่นทั้ง 3 เฟสจะแม่นยำกว่าหาเฉพาะเฟสเดียว ซึ่งได้แสดงไว้ในบทที่ 6 สำหรับที่ขนาดของแรงดันตกมากเช่น 0.1 ต่อหน่วยหรือ 10 %ของแรงดันปกติการหาขนาดค่อนข้างผิดพลาดมากเนื่องจากอยู่ในช่วงที่ไม่เป็นเชิงเส้นซึ่งจะสังเกตได้จากรูปที่ 7.3 แต่ในทางปฏิบัติแล้วแรงดันตกชั่วขณะจะเกิดอยู่ในช่วง 40%-60% ตามสถิติที่เคยเก็บบันทึกมา

ผลการคุณลักษณะแรงดันตกชั่วขณะที่ได้แสดงมาทั้งหมดสามารถนำไปเป็นค่าอ้างอิงได้เนื่องจากได้ทดลองนำผลการทดสอบกับการคำนวณมาเปรียบเทียบกันบนกราฟ SEMI F47 พบว่าสามารถใช้วิธีการในงานจริงได้เพราะความผิดพลาดจากมาตรฐานส่วนใหญ่มีค่าน้อยหรือเป็นศูนย์โดยมีค่าผิดพลาดสูงสุดเท่ากับ 60 % ที่การทดสอบมุมเริ่มเกิดบนคลื่น 0 องศาเท่านั้น



รูปที่ 7. 3 บริเวณที่หาขนาดแรงดันตกชั่วขณะถูกต้องยาก