บทที่ 5
บทสรุป

จากรูปแบบการวิเคราะห์สัญญาณฟอลต์ด้วยการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วยร่วมกับทฤษฎีคลื่นเดินทาง และนำผลที่ได้มาประมวลผลตามขั้นตอนที่ได้นำเสนอมาแล้วนั้นสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการวิเคราะห์อาศัยการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบความถี่สูงที่อยู่ในสัญญาณฟอลต์ โดยสัญญาณฟอลต์ที่ใช้สำหรับศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ได้มาจากการจำลองด้วยโปรแกรม ATP/EMTP ซึ่งอาศัยแบบจำลองสายส่งเคเบิลระดับแรงดัน 220 kV ซึ่งเป็นสายส่งในระบบของการจำลองกรณีศึกษา [1] ที่ใช้งานจากสถานีไฟฟ้าด้าน Sending end ไปยังโหลดด้าน Receiving end โดยสายส่งมีความยาว 30 กิโลเมตร เป็นแบบจำลองหลักที่ใช้ในการศึกษา โดยทำการจำลองด้วยการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อศึกษาลักษณะของสัญญาณฟอลต์ในหลากหลายรูปแบบที่อัตราการสุ่ม 200 kHz

2. การแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วยโดยใช้เวฟเล็ตแม่ชนิด Daubechies 4 (db4) ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณฟอลต์ เนื่องจากเวฟเล็ตแม่ชนิดนี้มีขั้นตอนการทำงานที่รวดเร็ว (Fast algorithm) และลักษณะของเวฟเล็ตจะเป็นคลื่นที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง (Oscillatory) ในลักษณะไม่สมมาตร (Asymmetry) ซึ่งจะสอดคล้องกันกับฟอลต์ที่เกิดขึ้นบนสายส่ง จึงส่งผลให้รูปแบบการวิเคราะห์มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยจะใช้การแปลงเวฟเล็ตทำการวิเคราะห์และพิจารณาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบความถี่สูงที่อยู่ในสัญญาณฟอลต์ จากนั้นทำการแยกองค์ประกอบความถี่สูงออกมาในสเกลที่ 1-5 หรือช่วงความถี่ต่อไปนี้

สเกลที่ 1 แสดงสัญญาณที่มีความถี่ในช่วง 50-100 kHz
สเกลที่ 2 แสดงสัญญาณที่มีความถี่ในช่วง 25-50 kHz
สเกลที่ 3 แสดงสัญญาณที่มีความถี่ในช่วง 12.5-25 kHz
สเกลที่ 4 แสดงสัญญาณที่มีความถี่ในช่วง 6.25-12.5 kHz
สเกลที่ 5 แสดงสัญญาณที่มีความถี่ในช่วง 3.125-6.25 kHz

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ผลการวิเคราะห์ที่ได้นั้นถูกนำมาประมวลผลเพื่อใช้ในการตรวจจับฟอลต์ที่เกิดขึ้นบนสายส่ง

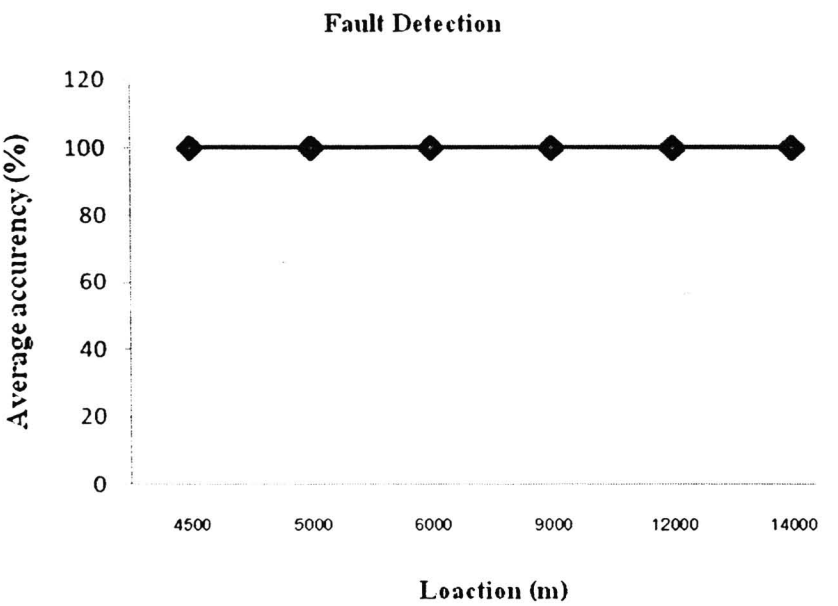
3. รูปแบบการวิเคราะห์เพื่อตัดสินในการตรวจจับฟอลต์ที่เกิดขึ้นบนสายส่งนั้นทำได้โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ของการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วยขององค์ประกอบกระแสลำดับบวก ณ ปลายสายส่งในแต่ละด้านระหว่างก่อนและหลังเกิดฟอลต์ (ในช่วง ¼ ไซเคิลหลังจากเกิดฟอลต์) โดยเป็นการเปรียบเทียบในสเกลที่ 1-5 จากนั้นเรียงลำดับค่าสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบกระแสลำดับบวก โดยจะนำค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดเพียงสองค่า ซึ่งเป็นข้อมูลของ

องค์ประกอบความถี่สูงในสเกลแรกที่สามารถตรวจจับฟอลต์ได้ นำไปใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับทฤษฎีคลื่นเดินทางเพื่อนำไปวิเคราะห์ในการหาตำแหน่งฟอลต์ต่อไป

4. การทดสอบวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการทดลองด้วยการวิเคราะห์สัญญาณฟอลต์ที่ได้จากระบบจำลองสายส่งไฟฟ้าใต้ดิน ทางด้าน Sending end ไฟยังด้าน Receiving end โดยสายส่งมีความยาว 30 กิโลเมตร โดยข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบสำหรับการตรวจจับฟอลต์ และ การระบุตำแหน่งและประเภทของฟอลต์

4.1 การตรวจจับฟอลต์

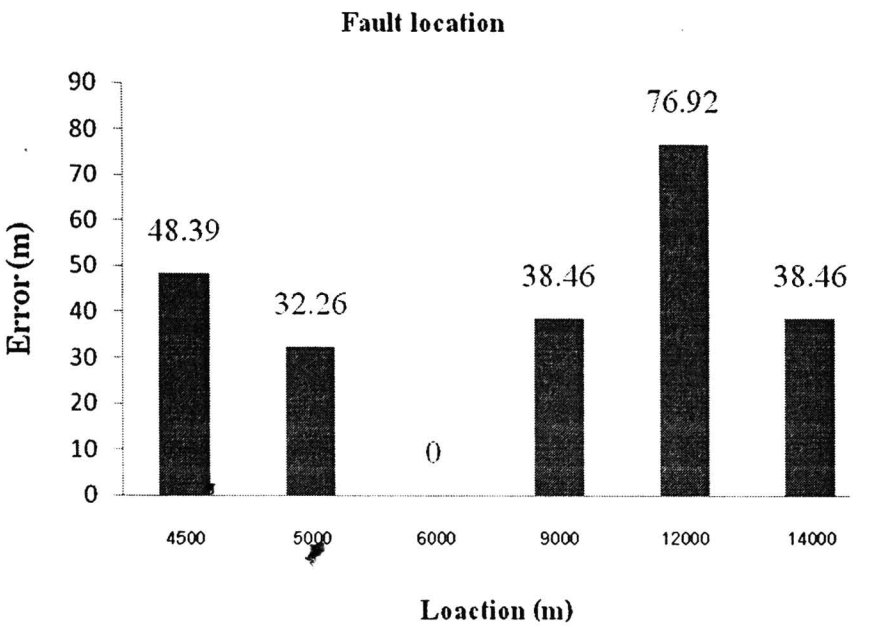
ผลการตรวจจับฟอลต์ด้วยวิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วยสามารถตรวจจับฟอลต์ได้ทุกประเภท และทุกตำแหน่งต่างๆ บนสายส่งโดยมีค่าเฉลี่ยความถูกต้องสูงสุด 100% ตามรูปที่ 5.1 ซึ่งระยะทางที่เกิดฟอลต์, ประเภทของฟอลต์ที่เกิดขึ้น และมุมเริ่มเกิดฟอลต์ ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการตรวจจับฟอลต์ เพราะเมื่อมีฟอลต์เกิดขึ้นบนสายส่งเส้นใดเส้นหนึ่ง จะมีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบความถี่สูงเกิดขึ้น เมื่อประยุกต์การแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วยวิเคราะห์จะสังเกตได้ว่าก่อนสภาวะมีฟอลต์นั้นค่าสัมประสิทธิ์ของการแปลงเวฟเล็ตมีค่าต่ำมาก แต่ในสภาวะหลังเกิดฟอลต์พบว่าค่าสัมประสิทธิ์เกิดการเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ทั้งสองสภาวะนี้สามารถนำมาสู่ขั้นตอนของการวิเคราะห์ได้อย่างแม่นยำ โดยใช้เพียงผลของการแปลงเวฟเล็ตในสเกลแรกเท่านั้น นอกจากนี้ในทางปฏิบัติการเกิดฟอลต์บนสายส่งยังมีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้อง ซึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบความถี่สูงของสัญญาณฟอลต์ด้วย แต่ในรูปแบบการวิเคราะห์เวฟเล็ตที่มีหลายระดับความละเอียด จึงทำให้สามารถเห็นผลการเปลี่ยนแปลงของแต่ละช่วงความถี่ได้



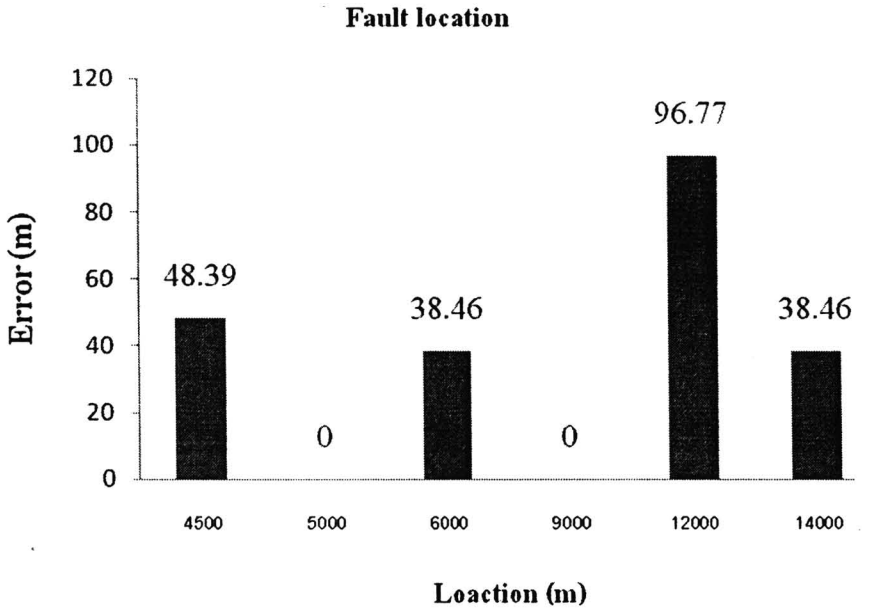
รูปที่ 5.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยสำหรับการตรวจจับฟอลต์ในแต่ละมุมเริ่มเกิดฟอลต์

4.2 การระบุตำแหน่งฟอลต์

จากรูปที่ 5.2 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนในการหาตำแหน่งฟอลต์ สามารถสรุปค่าความคลาดเคลื่อนหรือความคลาดเคลื่อนตามตารางที่ 5.1



รูปที่ 5.2 แสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสำหรับการระบุตำแหน่งฟอลต์ตำแหน่ง F1



รูปที่ 5.3 แสดงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสำหรับการระบุตำแหน่งฟอลต์ตำแหน่ง F2

ตารางที่ 5.1 ความคลาดเคลื่อนในระบุตำแหน่งฟอลต์

ระยะทางที่เกิดฟอลต์ F1 (เมตร)	ระยะทางที่เกิดฟอลต์ F2 (เมตร)	ความคลาดเคลื่อนในระบุตำแหน่งจุด F1 (เมตร)	ความคลาดเคลื่อนในระบุตำแหน่งจุด F2 (เมตร)
4500	25500	48.39	48.39
5000	15000	32.26	0.00
6000	21000	0.00	38.46
9000	24000	38.46	0.00
12000	27000	76.92	96.77
14000	16000	38.46	38.46

บทสรุป

จากวิธีการวิเคราะห์การระบุตำแหน่งฟอลต์โดยนำสัญญาณกระแสจากการจำลองระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าด้วยโปรแกรม ATP/EMTP มาแยกองค์ประกอบ ลำดับบวก ลำดับลบ และ ลำดับศูนย์ ที่ได้มาแปลงเวฟเล็ต หาค่าสูงสุดของรูปคลื่น บันทึกค่าเวลา Ta และ Tb แล้วนำมาวิเคราะห์หาจุดเกิดฟอลต์โดยใช้ทฤษฎีคลื่นเดินทาง และระบุชนิดฟอลต์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์จากการแปลงเวฟเล็ต ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

- เมื่อเกิดฟอลต์ในระบบสายส่งจะทำให้สัมประสิทธิ์คลื่นกระแสที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น
- เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่ามุมที่เริ่มเกิดฟอลต์พบว่าค่าเวลา Ta และ Tb ที่ตรวจจับได้มีค่าคงที่ แสดงว่า มุมเริ่มเกิดฟอลต์มีผลน้อยมากต่อระบุตำแหน่งฟอลต์
- เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดจากการแปลงเวฟเล็ตมาใช้เพื่อสร้างข้อแม้ในการระบุชนิดฟอลต์ พบว่าผลจากการตรวจสอบที่ได้เป็นที่น่าพอใจ โดยที่ฟอลต์แบบ 1 เฟสลงดิน มีความถูกต้อง 100% และมีค่าเฉลี่ยความถูกต้องมากกว่า 90%

และผลจากการเปรียบเทียบในสองทฤษฎีการหาจุดเกิดฟอลต์พบว่า ค่าความผิดพลาดในแต่ละช่วงความยาวสายมีค่าที่แตกต่างกันเล็กน้อย บางช่วงทฤษฎีคลื่นเดินทางอาจมีค่าความผิดพลาดน้อยกว่าบางช่วงมากกว่า แต่ทฤษฎีคลื่นเดินทางยังมีข้อเสียบางประการคือ ในสายส่งที่มีอายุใช้งานนานๆค่าเปอร์มิตติวิตี้ มักจะเปลี่ยนแปลงซึ่งมีโอกาสทำให้เกิดค่าความผิดพลาดที่เพิ่มมากขึ้น จึงมีแนวคิดที่จะนำระบบโครงข่ายประสาทเทียมเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ค่าความผิดพลาดที่น้อยลงกว่า ทฤษฎีการใช้ค่าเวลา [1] ในการระบุฟอลต์