

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 แนวโน้มงานวิจัยที่ผ่านมา.....	2
1.2 วัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายของการศึกษา.....	3
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	3
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....	4
1.5 ขั้นตอนการศึกษา.....	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 การป้องกันแบบระยะทาง.....	6
2.2 การป้องกันแบบผลต่างค่ากระแสไฟฟ้า.....	9
2.3 คลื่นจร.....	10
2.4 การแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วย.....	16
บทที่ 3 การจำลองการเกิดความผิดพร่องด้วยโปรแกรม EMTP.....	21
3.1 การจำลองระบบส่งกำลังไฟฟ้า.....	21
3.2 สัญญาณที่ได้จากการจำลองการเกิดฟอลต์.....	25
3.2.1 สัญญาณที่ได้จากการจำลองการเกิดฟอลต์แบบฟอลต์ชนิดเดียว.....	25
3.2.2 สัญญาณที่ได้จากการจำลองการเกิดฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุด.....	40
บทที่ 4 การวิเคราะห์ด้วยวิธีการแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วย.....	48
4.1 พฤติกรรมของค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงเวฟเลตชนิดฟอลต์จุดเดียว.....	56
4.2 พฤติกรรมของค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงเวฟเลต ชนิดฟอลต์พร้อมกันสองจุด.....	59
บทที่ 5 สรุปผล.....	65
เอกสารอ้างอิง.....	67
ประวัตินักวิจัย.....	69

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดสเกลที่ 1 ของการเกิดฟอลต์แต่ละประเภทของสายส่งแบบเหนือนดิน ของสายส่งแบบเหนือนดิน.....	55
4.2 ค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดสเกลที่ 1 ของการเกิดฟอลต์แต่ละประเภทของสายส่งแบบเหนือนดิน ของสายส่งแบบใต้ดิน.....	55
4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดสเกลที่ 1 ของการเกิดฟอลต์แต่ละประเภทของสายส่งแบบเหนือนดิน ของสายส่งแบบผสม.....	55

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การป้องกันวงจรสายส่งไฟฟ้าด้วยรีเลย์ระยะทาง (Distance Relay).....	6
2.2 แสดงระนาบเชิงซ้อน (Complex plane) การทำงานของรีเลย์ระยะทาง.....	7
2.3 คุณลักษณะการทำงานของรีเลย์ผลต่างร้อยละ.....	10
2.4 ฟาผ่าลงบนสายส่งทำให้เกิดแรงดันเสิร์จเป็นคลื่นจร.....	10
2.5 ค่า L และ C กระจายตลอดสายส่ง.....	11
2.6 ค่าและทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นจร.....	13
2.7 คลื่นสะท้อนกลับและคลื่นส่งผ่าน.....	14
2.8 แสดงลักษณะของคลื่นเวฟเล็ตแบบ Morlet.....	16
2.9 แสดงคุณสมบัติการสเกลของฟังก์ชันเวฟเล็ต.....	17
2.10 แสดงคุณสมบัติการเลื่อนตำแหน่งของฟังก์ชันเวฟเล็ต.....	18
2.11 แสดงการกระจายสัญญาณสัญญาณด้วยการแปลงเวฟเล็ต.....	18
2.12 แสดงการสร้างกลับสัญญาณด้วยการแปลงเวฟเล็ต.....	19
2.13 แสดงลักษณะการแปลงเวฟเล็ตโดยใช้หลักการวิเคราะห์ด้วยตัวกรองสัญญาณ.....	20
3.1 แสดงโครงสร้างสายส่ง 115 kV วงจรเดี่ยว สายไฟเดี่ยว (Single circuit Single conductor) แบบเหนือดิน.....	22
3.2 แสดงโครงสร้างสายส่ง 115 kV วงจรเดี่ยว สายไฟเดี่ยว (Single circuit Single conductor) แบบใต้ดิน.....	22
3.3 ระบบจำลองฟอลต์บนสายส่งและสายเคเบิลไฟฟ้า.....	23
3.4 แสดงวงจรการจำลองฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 20% ของสายส่งแบบเหนือดิน.....	25
3.5 สัญญาณการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 20% ของสายส่งแบบเหนือดิน.....	26
3.6 แสดงวงจรการจำลองฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 80% ของสายส่งแบบเหนือดิน.....	26
3.7 สัญญาณการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 80% ของสายส่งแบบเหนือดิน.....	27
3.8 แสดงวงจรการจำลองฟอลต์แบบเฟส b ลัดวงจรลงเฟส c (line to line fault) ที่ระยะ 40% ของสายส่งแบบเหนือดิน.....	28
3.9 สัญญาณการเกิดฟอลต์แบบเฟส b ลัดวงจรลงเฟส c (line to line fault) ที่ระยะ 40% ของสายส่งแบบเหนือดิน.....	28

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.10 แสดงวงจรการจำลองฟอลต์แบบเฟส b ลัดวงจรลงเฟส c (line to line fault) ที่ระยะ 60% ของสายส่งแบบเหนือดิน.....	29
3.11 สัญญาณการเกิดฟอลต์แบบเฟส b ลัดวงจรลงเฟส c (line to line fault) ที่ระยะ 60% ของสายส่งแบบเหนือดิน.....	29
3.12 แสดงวงจรการจำลองฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 20% ของสายส่งแบบใต้ดิน.....	30
3.13 สัญญาณการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 20% ของสายส่งแบบใต้ดิน.....	31
3.14 แสดงวงจรการจำลองฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 80% ของสายส่งแบบใต้ดิน.....	31
3.15 สัญญาณการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 80% ของสายส่งแบบใต้ดิน.....	32
3.16 แสดงวงจรการจำลองฟอลต์แบบเฟส b ลัดวงจรลงเฟส c (line to line fault) ที่ระยะ 40% ของสายส่งแบบใต้ดิน.....	33
3.17 สัญญาณการเกิดฟอลต์แบบเฟส b ลัดวงจรลงเฟส c (line to line fault) ที่ระยะ 40% ของสายส่งแบบใต้ดิน.....	33
3.18 แสดงวงจรการจำลองฟอลต์แบบเฟส b ลัดวงจรลงเฟส c (line to line fault) ที่ระยะ 60% ของสายส่งแบบใต้ดิน.....	34
3.19 สัญญาณการเกิดฟอลต์แบบเฟส b ลัดวงจรลงเฟส c (line to line fault) ที่ระยะ 60% ของสายส่งแบบใต้ดิน.....	34
3.20 แสดงวงจรการจำลองฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 20% ของสายส่งแบบผสม.....	35
3.21 สัญญาณการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 20% ของสายส่งแบบผสม.....	36
3.22 แสดงวงจรการจำลองฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 80% ของสายส่งแบบผสม.....	36
3.23 สัญญาณการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 80% ของสายส่งแบบผสม.....	37
3.24 แสดงวงจรการจำลองฟอลต์แบบเฟส b ลัดวงจรลงเฟส c (line to line fault) ที่ระยะ 40% ของสายส่งแบบผสม.....	38

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.25 สัญญาณการเกิดฟอลต์แบบเฟส b ลัดวงจรลงเฟส c (line to line fault) ที่ระยะ 40% ของสายส่งแบบผสม.....	38
3.26 แสดงวงจรการจำลองฟอลต์แบบเฟส b ลัดวงจรลงเฟส c (line to line fault) ที่ระยะ 60% ของสายส่งแบบผสม.....	39
3.27 สัญญาณการเกิดฟอลต์แบบเฟส b ลัดวงจรลงเฟส c (line to line fault) ที่ระยะ 60% ของสายส่งแบบใต้ดิน.....	39
3.28 แสดงวงจรการจำลองฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุดกรณีแบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 20% และเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะทาง 40% ของสายส่งแบบเหนือดิน.....	40
3.29 สัญญาณการเกิดฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุดกรณีแบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 20% และเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะทาง 40% ของสายส่งแบบเหนือดิน.....	41
3.30 แสดงวงจรการจำลองฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุดกรณีแบบเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะทาง 60% และเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 80% ของสายส่งแบบเหนือดิน.....	41
3.31 สัญญาณการเกิดฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุดกรณีแบบเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะทาง 60% และเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 80% ของสายส่งแบบเหนือดิน.....	42
3.32 แสดงวงจรการจำลองฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุดกรณีแบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 20% และเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะทาง 40% ของสายส่งแบบใต้ดิน	43
3.33 สัญญาณการเกิดฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุดกรณีแบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 20% และเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะทาง 40% ของสายส่งแบบใต้ดิน	43
3.34 แสดงวงจรการจำลองฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุดกรณีแบบเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะทาง 60% และเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 80% ของสายส่งแบบใต้ดิน	44
3.35 สัญญาณการเกิดฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุดกรณีแบบเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะทาง 60% และเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 80% ของสายส่งแบบใต้ดิน	44

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.36 แสดงวงจรการจำลองฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุดกรณีแบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 20% และเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะทาง 40% ของสายส่งแบบผสม.....	45
3.37 สัญญาณการเกิดฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุดกรณีแบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 20% และเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะทาง 40% ของสายส่งแบบผสม.....	46
3.38 แสดงวงจรการจำลองฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุดกรณีแบบเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะทาง 60% และเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 80% ของสายส่งแบบผสม.....	46
3.39 สัญญาณการเกิดฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุดกรณีแบบเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะทาง 60% และเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 80% ของสายส่งแบบผสม.....	47
4.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ฟอลต์โดยรวม.....	48
4.2 สัญญาณที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตรณการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 20% ของสายส่งแบบเหนือดิน.....	49
4.3 สัญญาณที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตรณการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 80% ของสายส่งแบบเหนือดิน.....	50
4.4 สัญญาณที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตรณการเกิดฟอลต์แบบเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะ 40% ของสายส่งแบบเหนือดิน.....	50
4.5 สัญญาณที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตรณการเกิดฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุดกรณีแบบ เฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 20% และ เฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะทาง 40% ของสายส่งแบบเหนือดิน.....	50
4.6 สัญญาณที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตรณการเกิดฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุดกรณีแบบ เฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะทาง 60% และ เฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 80% ของสายส่งแบบใต้ดิน.....	51
4.7 สัญญาณที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตรณการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 20% ของสายส่งแบบใต้ดิน.....	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.8 สัญญาณที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตรณการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 80% ของสายส่งแบบใต้ดิน.....	51
4.9 สัญญาณที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตรณการเกิดฟอลต์แบบเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะ 40% ของสายส่งแบบใต้ดิน.....	52
4.10 สัญญาณที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตรณการเกิดฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุดกรณแบบ เฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 20% และ เฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะทาง 40% ของสายส่งแบบใต้ดิน.....	52
4.11 สัญญาณที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตรณการเกิดฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุดกรณแบบ เฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะทาง 60% และ เฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 80% ของสายส่งแบบใต้ดิน.....	52
4.12 สัญญาณที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตรณการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 20% ของสายส่งแบบผสม.....	53
4.13 สัญญาณที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตรณการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 80% ของสายส่งแบบผสม.....	53
4.14 สัญญาณที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตรณการเกิดฟอลต์แบบเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะ 40% ของสายส่งแบบผสม.....	53
4.15 สัญญาณที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตรณการเกิดฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุดกรณแบบ เฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 20% และ เฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะทาง 40% ของสายส่งแบบผสม.....	54
4.16 สัญญาณที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตรณการเกิดฟอลต์แบบพร้อมกันสองจุดกรณแบบ เฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะทาง 60% และ เฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะ 80% ของสายส่งแบบผสม.....	54
4.17 ค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดขององค์ประกอบความถี่สูงกรณการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะต่าง ๆ ของสายส่ง.....	56

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.18 เวลาของค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดขององค์ประกอบความถี่สูงกรณีการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะต่าง ๆ ของสายส่ง.....	57
4.19 ค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดขององค์ประกอบความถี่สูงกรณีการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่มุมต่าง ๆ.....	58
4.20 ค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดขององค์ประกอบความถี่สูงกรณีการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะต่าง 20% และเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะต่าง ๆ ของสายส่ง.....	59
4.21 เวลาของค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดขององค์ประกอบความถี่สูงกรณีการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะต่าง 20% และเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะต่าง ๆ ของสายส่ง.....	60
4.22 ค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดขององค์ประกอบความถี่สูงกรณีการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะต่าง 80% และเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะต่าง ๆ ของสายส่ง.....	61
4.23 เวลาของค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดขององค์ประกอบความถี่สูงกรณีการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะต่าง 80% และเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะต่าง ๆ ของสายส่ง.....	62
4.22 ค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดขององค์ประกอบความถี่สูงกรณีการเกิดฟอลต์แบบเฟส a ลัดวงจรลงดิน (single line to ground fault) ที่ระยะต่าง 20% และเฟส b ลัดวงจรเฟส c (line to line fault) ที่ระยะ 40% ที่มุมต่าง ๆ.....	63