

บทที่ 4

การวิเคราะห์ฟอลต์

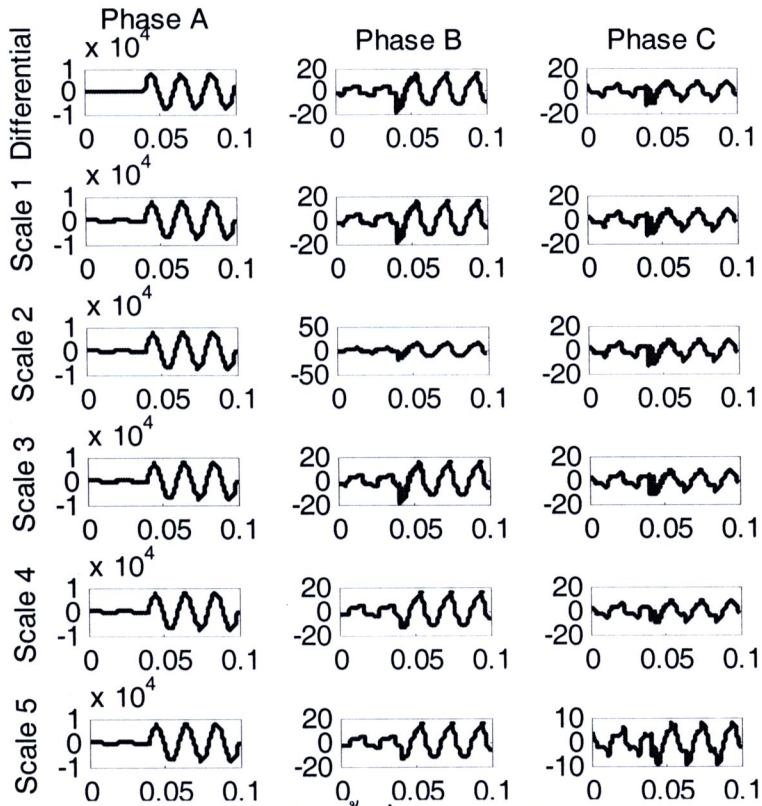
จากทฤษฎีพื้นฐานของการแปลงเวฟเล็ตที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 โครงการวิจัยนี้จึงได้นำการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย (DWT) มาวิเคราะห์สัญญาณฟอลต์ที่เกิดขึ้นภายในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ผลการวิเคราะห์ได้ถูกนำมาเป็นตัวสั่งให้รีเลย์ทำงานตัดวงจร

4.1 การวิเคราะห์ด้วยการแปลงเวฟเล็ต

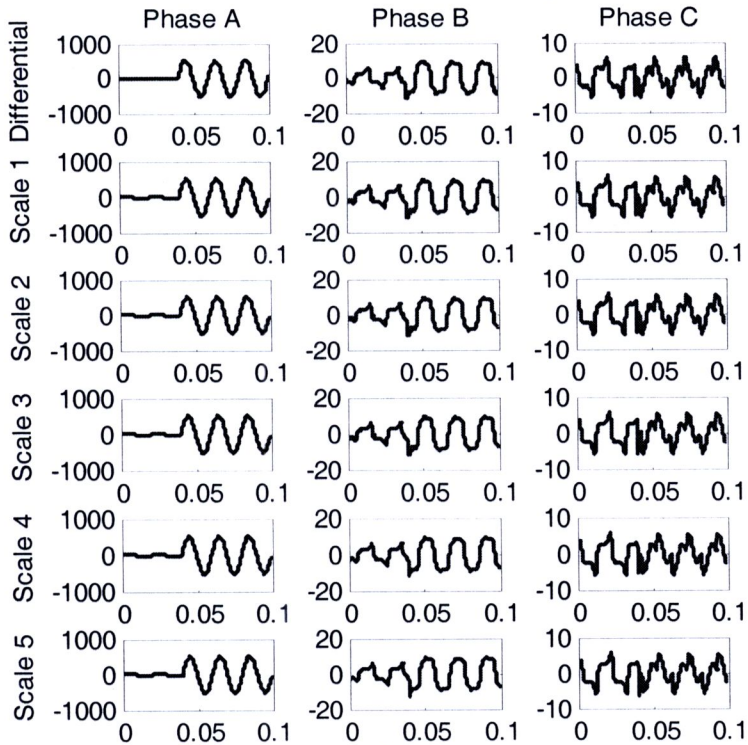
ขั้นตอนการวิเคราะห์เวฟเล็ตจะนำสัญญาณกระแสผลต่างที่ได้จากโปรแกรม ATP/EMTP ในแต่ละเฟสของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ซึ่งเป็นสัญญาณที่ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยความถี่การสุ่ม (Sampling frequency) 200 kHz มาทำการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วยโดยใช้เวฟเล็ตแม่ชนิด daubechies4 (db4) [5] เพื่อทำการแยกองค์ประกอบความถี่ต่ำในสเกลที่ 1-5 ออกมา ซึ่งแต่ละสเกลจะแสดงค่าของช่วงความถี่ดังนี้

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



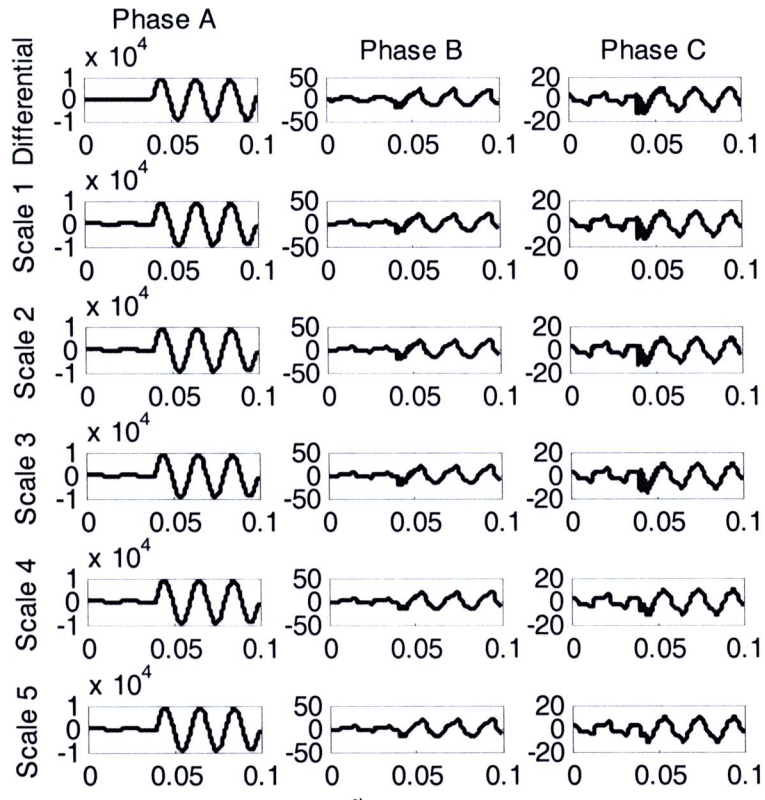


(ก) พล็อตเกิดขึ้นที่ขดลวดแรงดันสูง

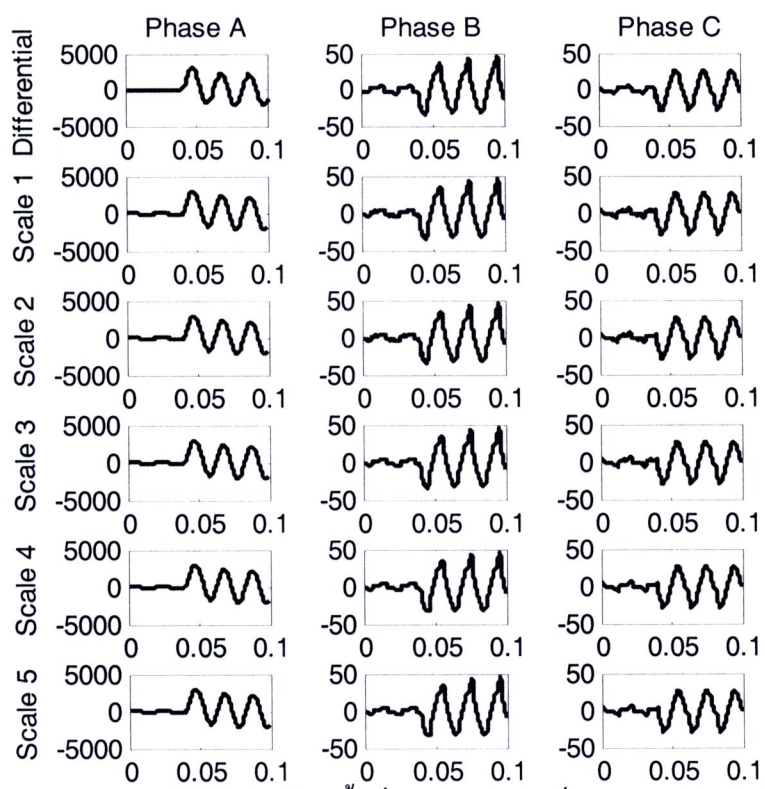


(ข) พล็อตเกิดขึ้นที่ขดลวดแรงดันต่ำ

รูปที่ 4.1 การแปลงเวฟเฟิร์มของกระแสผลต่าง กรณีพล็อตขดลวดลัดวงจรลงดิน

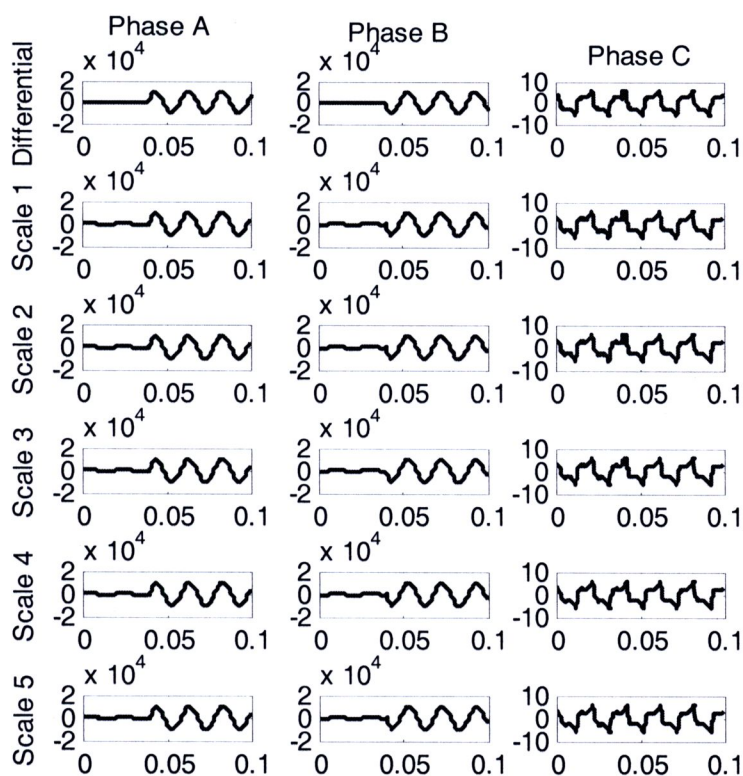


(ก) พล็อตเกิดขึ้นที่ขดลวดแรงดันสูง

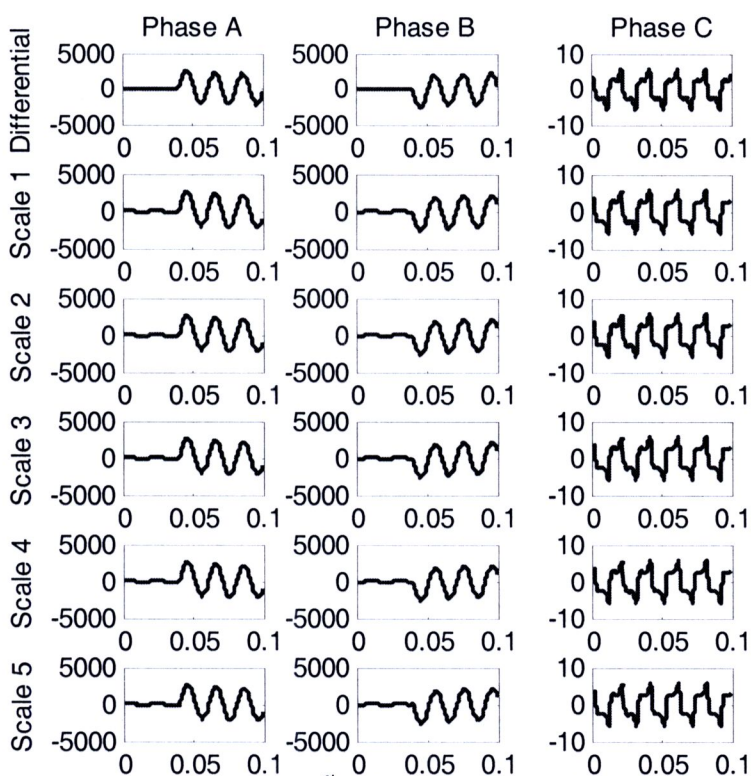


(ข) พล็อตเกิดขึ้นที่ขดลวดแรงดันต่ำ

รูปที่ 4.2 การแปลงเวฟเฟิร์มของกระแสผลต่าง กรณีพล็อตลัดวงจรระหว่างรอบ



(ก) พล็อตเกิดขึ้นที่ฝั่งขดลวดแรงดันสูง



(ข) พล็อตเกิดขึ้นที่ฝั่งขดลวดแรงดันต่ำ

รูปที่ 4.3 การแปลงเวฟเล็ทของกระแสผลต่าง กรณีพอลต์ภายนอกหม้อแปลงไฟฟ้า

4.2 การแบ่งแยกระหว่างฟอลต์ภายในกับภายนอกหม้อแปลงไฟฟ้า

ในขั้นตอนนี้ จะใช้อัตราส่วนระหว่างเพอร์ยูนิตกระแสผลต่าง (per unit differential current) และเพอร์ยูนิตเวลา (per unit time) เพื่อเป็นตัวแปรเปรียบเทียบในการแยกแยะฟอลต์ภายในและฟอลต์ภายนอกหม้อแปลงไฟฟ้า โดยอัตราส่วนสามารถคำนวณได้ดังแสดงในสมการที่ 4.1

$$X_{chk}^{diff} = \frac{(X_{max}^{diff} - X_{min}^{diff}) / I_{rated}}{(t_{max}^{diff-x} - t_{min}^{diff-x}) / T} \quad (4.1)$$

โดยที่

X คือ เฟส A, เฟส B, เฟส C และกระแสผลต่างลำดับศูนย์ ตามลำดับ

X_{max}^{diff} = ค่าสัมประสิทธิ์กระแสผลต่างสูงสุดในช่วง ¼ ไซเคิล

X_{min}^{diff} = ค่าสัมประสิทธิ์กระแสผลต่างต่ำสุดในช่วง ¼ ไซเคิล

t_{max}^{diff-x} = เวลา ณ ค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดเกิดขึ้นในช่วง ¼ ไซเคิล

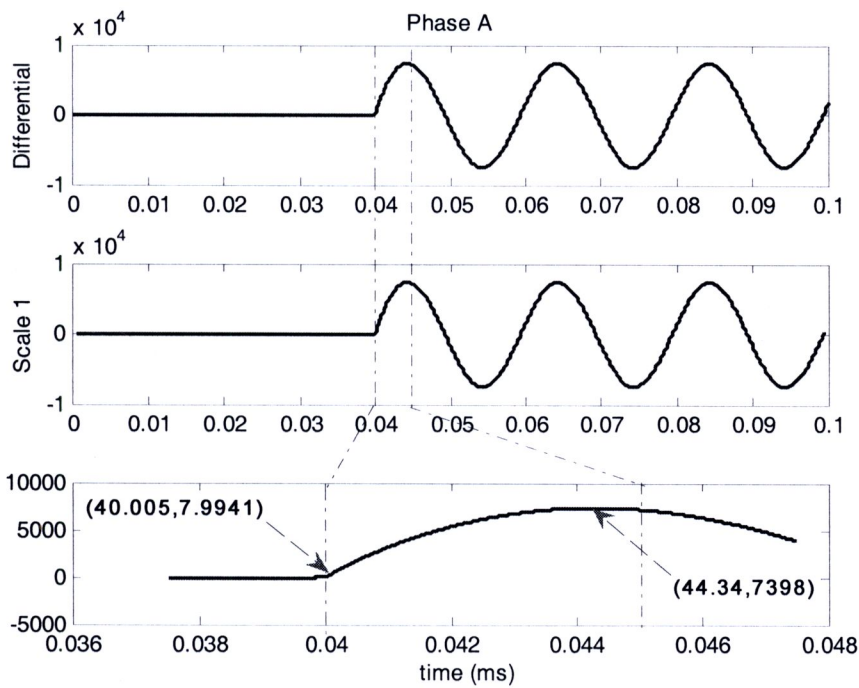
t_{min}^{diff-x} = เวลา ณ ค่าสัมประสิทธิ์ต่ำสุดเกิดขึ้นในช่วง ¼ ไซเคิล

X_{chk}^{diff} = ตัวแปรเปรียบเทียบสำหรับแยกฟอลต์ภายในและภายนอก

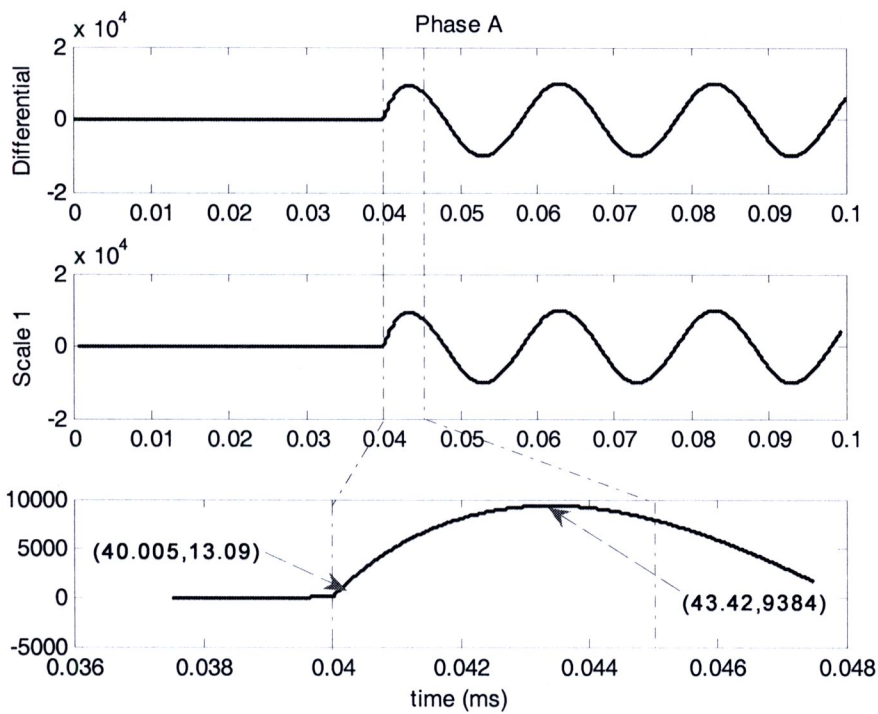
I_{rated} = พิกัดกระแสของหม้อแปลงไฟฟ้า

T = ค่าคาบเวลาการวิเคราะห์ (ในที่นี้มีค่าเท่ากับ ¼ ไซเคิล)

จากสมการที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า ต้องหาค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของสัมประสิทธิ์กระแสผลต่างที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ดในช่วง ¼ ไซเคิลของสัญญาณองค์ประกอบความถี่ต่ำ (Approximation) รวมทั้งบันทึกค่าตำแหน่งเวลา ณ ตำแหน่งที่เกิดค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดดังแสดงในรูปที่ 4.4 จากนั้นนำข้อมูลที่บันทึกไว้แทนลงในสมการที่ 4.1 เพื่อหาค่าอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์กระแสผลต่างเทียบกับช่วงเวลาในแต่ละเฟส พร้อมทั้งปรับปรุงอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวให้สอดคล้องกับพิกัดของหม้อแปลงแต่ละขนาด



(ก) กรณีฟอลต์ภายในหม้อแปลงไฟฟ้า



(ข) กรณีฟอลต์ภายนอกหม้อแปลงไฟฟ้า

รูปที่ 4.4 สัญญาณกระแสผลต่างเฟส A ในช่วงข้อมูล ¼ ไซเคิล จากการแปลงเวฟเล็ตของสัญญาณกระแสผลต่างที่ไหลเข้าหม้อแปลง

ในขั้นตอนการแบ่งแยกระหว่างฟอลต์ภายในกับฟอลต์ภายนอกหม้อแปลงไฟฟ้า เนื่องจากขั้นตอนทั้งหมดเป็นลักษณะการเปรียบเทียบของค่าต่าง ๆ ดังนั้นจึงใช้ลักษณะการอธิบายด้วยลักษณะของการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในแบบสากลคือ if ... Then ...else ... end ซึ่งจะช่วยให้สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายมากยิ่งขึ้น

```
if [(  $Z_{chk}^{diff} \geq 50$  ) and (  $100 \leq A_{chk}^{diff} + B_{chk}^{diff} + C_{chk}^{diff} \leq 200$  ) ]
then   ฟอลต์ภายในทางด้านขดลวดแรงดันสูง
else   if [(  $Z_{chk}^{diff} \geq 50$  ) and (  $A_{chk}^{diff} + B_{chk}^{diff} + C_{chk}^{diff} > 200$  ) ]
      then ฟอลต์ภายนอกทางด้านขดลวดแรงดันสูง
else   if [(  $Z_{chk}^{diff} \leq 1$  ) and (  $A_{chk}^{diff} + B_{chk}^{diff} + C_{chk}^{diff} > 200$  ) ]
      then ฟอลต์ภายนอกทางด้านขดลวดแรงดันสูง
else   if [(  $Z_{chk}^{diff} \leq 0.1$  ) and (  $50 < A_{chk}^{diff} + B_{chk}^{diff} + C_{chk}^{diff} < 100$  ) ]
      then ฟอลต์ภายนอกทางด้านขดลวดแรงดันต่ำ
else   if [(  $1 \leq Z_{chk}^{diff} \leq 50$  ) and (  $5 < A_{chk}^{diff} + B_{chk}^{diff} + C_{chk}^{diff} < 50$  ) ]
      then ฟอลต์ภายในทางด้านขดลวดแรงดันต่ำ
end
```



เพื่อให้เห็นภาพชัดเจนในการวิเคราะห์จึงได้ยกตัวอย่างการแยกแยะฟอลต์ภายในและภายนอกโซนป้องกันของหม้อแปลงไฟฟ้าดังแสดงในตารางที่ 4.1 ถึงตารางที่ 4.3 จากตารางทั้งสามจะเห็นได้ว่า ค่าผลรวมอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์กระแสผลต่างเป็นไปตามสมมติฐานการจำลองทั้งกรณีเกิดฟอลต์ภายในและฟอลต์ภายนอกโซนป้องกันของหม้อแปลง

ตารางที่ 4.1 ผลสรุปการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกรณีฟอลต์ขดลวดลัดวงจรลงดิน

ค่าสัมประสิทธิ์	ขดลวดแรงดันสูง			ขดลวดแรงดันต่ำ		
	A	B	C	A	B	C
X_{max}^{diff}	7398	-3.4181	2.9981	517.2047	-2.9337	3.1736
X_{min}^{diff}	7.9941	-19.3668	-13.0789	1.3385	-11.7363	-5.7248
t_{max}^{diff-x}	44.34	40.32	40.32	44.52	40.005	40.005
t_{min}^{diff-x}	40.005	40.15	40.15	40.005	40.24	43.67
X_{chk}^{diff}	135.8415	7.4754	7.5355	9.1041	2.9847	0.1935
ผลรวมของอัตราส่วน	150.8524			12.2822		
ผลสรุป	Tripped			Tripped		

ตารางที่ 4.2 ผลสรุปการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกรณีฟอลต์ลัดวงจรระหว่างขดลวด

ค่าสัมประสิทธิ์	ขดลวดแรงดันสูง			ขดลวดแรงดันต่ำ		
	A	B	C	A	B	C
X_{max}^{diff}	9204	-3.5771	2.6769	2580.1	-2.977	3.1172
X_{min}^{diff}	8.0698	-19.4902	-14.0205	1.4192	-33.6105	-28.8653
t_{max}^{diff-x}	44.58	40.11	40.11	45.005	40.005	40.005
t_{min}^{diff-x}	40.005	40.62	44.13	40.005	44.95	44.20
X_{chk}^{diff}	160.1682	2.4862	0.331	41.0945	0.4936	0.6075
ผลรวมของอัตราส่วน	162.9854			42.1956		
ผลสรุป	Tripped			Tripped		

ตารางที่ 4.3 ผลสรุปการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกรณีฟอลต์ภายนอกโซนป้องกัน

ค่าสัมประสิทธิ์	ขดลวดแรงดันสูง			ขดลวดแรงดันต่ำ		
	A	B	C	A	B	C
X_{max}^{diff}	9384	-14.7625	5.9716	2552	-4.0516	5.6688
X_{min}^{diff}	13.0905	-9383	-2.6341	2.3804	-2548	-2.4921
t_{max}^{diff-x}	43.42	40.005	41.58	45.005	40.005	41.75
t_{min}^{diff-x}	40.005	43.41	44.97	40.005	45.005	44.98
X_{chk}^{diff}	218.6485	219.2308	0.2023	40.6345	40.5423	0.2013
ผลรวมของอัตราส่วน	438.0816			81.3782		
ผลสรุป	UnTripped			UnTripped		

เพื่อแสดงให้เห็นว่า วิธีที่ได้เสนอมีประสิทธิภาพ จึงได้ทำการเปลี่ยนแปลงชนิดของฟอลต์ตำแหน่งที่เกิดการลัดวงจร รวมไปถึงมุมเริ่มเกิดฟอลต์ในแต่ละชนิดฟอลต์ของหม้อแปลงทดสอบทั้งสองด้านตามลำดับ โดยผลสรุปทั้งหมดที่ได้รับจะแสดงในบทสรุป