

## การป้องกันเชิงระยะทางสำหรับระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าที่มีการผลิตกำลังงานไฟฟ้า จากพลังงานหมุนเวียน

### Distance Protection for Electric Power Distribution Systems with Renewable Energy Plants

ดุษิต อุทิศสุนทร และ ธนัตชัย กุลวรรานิชพงษ์  
หน่วยวิจัยระบบไฟฟ้ากำลัง ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา 30000 โทร 0-4422-3000 E-mail: dusit.sut@gmail.com

D. Uthitsunthorn and T.Kulworawanichpong  
Power System Research Unit, School of Electrical Engineering,  
Institute of Engineering, Suranaree University of Technology,  
Nakhon Ratchasima, THAILAND 30000 Tel: 0-4422-3000 E-mail: dusit.sut@gmail.com

#### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการป้องกันระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าด้วยรีเลย์เชิงระยะทาง การศึกษาที่พิจารณาการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทน การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนที่นำเสนอในสายป้อนทดสอบมีขนาด 4 MW ระบบสายป้อนจำหน่ายถูกลดรูปให้เหลือเพียง 6 บัส เพื่อให้ง่ายต่อการปรับตั้งค่ารีเลย์ป้องกัน ดำเนินการจำลองการลัดวงจรที่บัสต่าง ๆ โดยอาศัยโปรแกรม PowerWorld™ เพื่อหาขนาดกระแสลัดวงจรมาใช้ปรับตั้งขอบเขตป้องกันและการจัดลำดับความสำคัญของรีเลย์ นอกจากนี้ บทความนี้ได้นำเสนอการเปรียบเทียบผลการทำงานกับการป้องกันที่ใช้รีเลย์กระแสเกินแบบมีทิศทาง จากผลการจำลองสรุปได้ว่า การป้องกันระบบสายป้อนที่มีแหล่งผลิตพลังงานทดแทนโดยใช้การป้องกันด้วยรีเลย์ป้องกันเชิงระยะทางทำให้การออกแบบระบบป้องกันลดความยุ่งยากลงเนื่องจากใช้ค่าอิมพีแดนซ์เพียงอย่างเดียวเท่านั้นในการปรับตั้ง

**คำสำคัญ :** รีเลย์ป้องกันกระแสเกิน, รีเลย์ป้องกันเชิงระยะทาง, การจัดลำดับความสำคัญของรีเลย์

#### Abstract

This paper presents protection of electric power distribution systems by using distance relaying. This study considered the system consisting of a renewable energy plant. The power plant was a 4-MW unit of firmed power generation. The test feeder was simplified to be an equivalent six-bus test feeder for relaying purpose. Fault analysis used in this paper was conducted by using PowerWorld™ software. Obtained fault currents were used to establish protective zones of distance relays. In addition, this paper also compared the result of using

distance protection with those of using directional over-current protection. To sum up, protection of the power feeder with renewable power plants by using distance relaying can reduce complication in relay setting due to the impedance-based setting of the distance relay.

**Keyword :** Overcurrent relay, Distance relay, Coordination relay.

#### 1. บทนำ

พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการดำเนินชีวิตและการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะทางด้าน การพัฒนาอุตสาหกรรมที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าปริมาณมากเพราะฉะนั้นจึงต้องทำการก่อสร้างและการขยายระบบการผลิตไฟฟ้าให้มีปริมาณเพียงพอกับความ ต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ที่ผ่านมามีการพัฒนา ระบบพลังงานภายในประเทศเน้นแต่แนวทางการสร้างแหล่งพลังงาน ขนาดใหญ่ไม่ว่าจะเป็นเขื่อนขนาดใหญ่ หรือโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล อันได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนซึ่งใช้เชื้อเพลิงจากกากหรือ เศษวัสดุเหลือใช้ในการเกษตรจึงเป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่นำมาช่วยเสริมความมั่นคงในการจ่ายไฟฟ้า โดยทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กกับระบบจำหน่ายทำให้ระบบมีเสถียรภาพสามารถแก้ปัญหาข้างต้นได้ จากการติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวทำให้กระแสเกิดการเปลี่ยนแปลงตามทิศทางไหลของกำลังไฟฟ้า จึงทำให้รีเลย์ทำงานผิดพลาดโดยพิจารณาว่ามีฟอลต์เกิดขึ้นสั่งการให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานเกิดไฟฟ้าดับเป็นบริเวณกว้าง ดังนั้นหน้าที่ของระบบป้องกันที่ดีจะต้องสามารถแยกส่วนที่เกิดฟอลต์ออกจากระบบไฟฟ้าให้เร็วที่สุด [1] โดยที่รีเลย์มีความสามารถในการเลือกการทำงานตามขอบเขตที่กำหนดก็จะทำให้

ระบบมีเสถียรภาพ ในกรณีที่มีแหล่งจ่ายเพิ่มขึ้นบนบทความที่ [2-4] ได้ นำเสนอวิธีการป้องกันและการปรับตั้งรีเลย์ให้มีประสิทธิภาพในการทำงานครอบคลุมทุกเขตการป้องกันโดยไม่มีจุดบอดจำกัดขอบเขตของการทำงานทำให้เกิดไฟดับบริเวณกว้าง

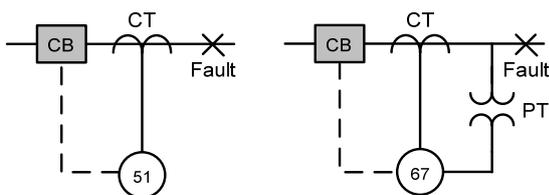
ในบทความนี้ นำเสนอการเปรียบเทียบการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันที่มีการเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาดเล็กในการป้องกันสายส่งตามระยะทางในการจ่ายไฟและทำการจำลองสถานการณ์เมื่อเกิดฟอลต์ที่บัสต่าง ๆ ต่อผลกระทบการทำงานของรีเลย์แต่ละชนิดในเขตการป้องกันหลักและหาช่วงเวลาการทำงานของรีเลย์จากการจัดลำดับความสัมพัทธ์ รวมทั้งข้อเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน

## 2. ปัญหาของรีเลย์ป้องกันเนื่องจากแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าร่วม

ปัญหาที่สำคัญในการออกแบบระบบป้องกันก็คือการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าให้ทำงานครอบคลุมเขตการป้องกันทั้งระบบซึ่งจะต้องคำนึงถึงขนาดและทิศทางกระแสของกำลังไฟฟ้า เพราะฉะนั้นในบทความนี้จึงนำเสนอการใช้รีเลย์ป้องกันกระแสเกินและรีเลย์ป้องกันเชิงระยะทางมาแก้ปัญหาดังกล่าวมีรายละเอียดดังนี้

### 2.1. รีเลย์ป้องกันกระแสเกิน

รีเลย์ป้องกันกระแสเกิน (51) เป็นรีเลย์ที่ใช้แพร่หลายมากที่สุดในการป้องกันที่เกิดจากกระแสไหลเกิน (Over load) และใช้ป้องกันการลัดวงจร (Short circuit) ของระบบไฟฟ้าโดยทั่วไปจะใช้เป็นการป้องกันหลัก (Primary protection) นอกจากนี้สามารถทำหน้าที่เป็นการป้องกันสำรอง (Backup protection) [5] โดยมีวงจรการทำงานของรีเลย์แสดงดังรูปที่ 1 a) ส่วนรีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบมีทิศทาง (67) ดังรูปที่ 1 b) นั้นจะมีฟังก์ชันเช่นเดียวกันแต่จะต่างกันที่ทำการเปรียบเทียบเฟสตามทิศทางของกระแส [6] ซึ่งรีเลย์ทั้งสองจะต้องทำการการปรับตั้งค่าการทำงานตามคุณลักษณะของรีเลย์ดังตารางที่ 1 ในบทความนี้เลือกใช้กราฟคุณลักษณะในการทำงานแบบเวลาคงผันผกมาก (Very inverse time) โดยปรับตั้งค่าตามสมการที่ (1)



a) รีเลย์ป้องกันกระแสเกิน b) รีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบมีทิศทาง  
รูปที่ 1 วงจรการทำงานของรีเลย์ป้องกันกระแสเกิน

$$t = \frac{\beta \times TDS}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^\alpha - 1} \quad (1)$$

- เมื่อ t คือเวลาในการทำงานของรีเลย์
- TDS คือค่าตัวคูณช่วงเวลาการทำงาน
- I คือค่ากระแสที่ได้จากการวัด
- $I_p$  คือค่ากระแสเริ่มต้นในการทำงาน
- $\beta, \alpha$  คือค่าคงที่

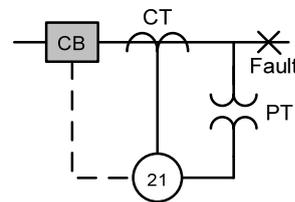
ตารางที่ 1 คุณลักษณะของรีเลย์แบบต่าง ๆ

คุณลักษณะของรีเลย์	$\alpha$	$\beta$
Normal Inverse	0.02	0.14
Very Inverse	1.00	13.5
Extremely Inverse	2.00	80
Long-time Inverse	1.00	120

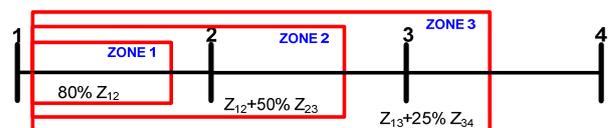
แต่ในกรณีที่มีรีเลย์มากกว่าหนึ่งตัวจะต้องเผื่อเวลาการทำงาน (Time grading margin :TGM) เพื่อให้รีเลย์ตัวที่สองทำการป้องกันสำรอง (Backup protection) เมื่อรีเลย์ตัวแรกทำงานผิดพลาด ในบทความนี้เผื่อเวลาในการทำงานเท่ากับ 0.5 S

### 2.2 รีเลย์ป้องกันเชิงระยะทาง

รีเลย์ป้องกันเชิงระยะทางเป็นรีเลย์ที่ใช้ป้องกันสายส่งโดยอาศัยหลักการวัดค่าอิมพีแดนซ์ระหว่างตำแหน่งที่ติดตั้งรีเลย์กับตำแหน่งที่เกิดความผิดปกติดังรูปที่ 2 ซึ่งค่าอิมพีแดนซ์ต่อหน่วยตลอดความยาวของสายมีค่าคงที่ในสภาวะปกติอิมพีแดนซ์ที่รีเลย์จะมีค่าสูง แต่เมื่อเกิดการลัดวงจรค่าอิมพีแดนซ์จะมีค่าน้อยกว่าสภาวะปกติ ส่วนการปรับตั้งค่ารีเลย์ป้องกันเชิงระยะทาง (21) นั้นจะแบ่งการทำงานออกเป็น 3 โซนดังแสดงในรูปที่ 3 ในส่วนของบทความนี้มีการเชื่อมต่อแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าหมุนเวียนจึงทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้ามายังตำแหน่งที่เกิดการลัดวงจรเพิ่มขึ้นจะต้องทำการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ K เรียกว่า "infeed constant" มาใช้ในการปรับตั้งค่ารีเลย์ดังสมการที่ (2)-(5) [7-10]



รูปที่ 2 วงจรการทำงานของรีเลย์ป้องกันเชิงระยะทาง



รูปที่ 3 การแบ่งเขตการป้องกันของรีเลย์ป้องกันเชิงระยะทาง

$$K = \frac{\text{total infeed current}}{\text{relay current}} \quad (2)$$

$$\text{Zone1: } Z_{\text{setting}} = 0.8 \times Z_{12} \quad (3)$$

$$\text{Zone2: } Z_{\text{setting}} = Z_{12} + 0.5 \times (1 + K_{12}) Z_{23} \quad (4)$$

$$\text{Zone3: } Z_{\text{setting}} = Z_{12} + (1 + K_{12}) Z_{23} + 0.25 \times (1 + K_{23}) Z_{34} \quad (5)$$

- เมื่อ  $Z_{12}$  คือค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งในโซนที่ 1,
- $Z_{23}$  คือค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งในช่วงถัดไปที่มีค่าน้อยสุด
- $Z_{34}$  คือค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งในช่วงถัดไปที่มีค่ามากที่สุด

ในการปรับตั้งเวลาการทำงานในโซนที่ 1 จะถูกปรับให้ทำงานแบบทันที (Instantaneous) ส่วนเวลาการทำงานในโซนที่ 2 จะทำ

หน้าที่ป้องกันสำรอง (Backup) หนึ่งเวลาประมาณ 0.25-0.4 วินาที และในโซนที่ 3 จะปรับตั้งค่ามากกว่าโซน 2 เพื่อเป็นการป้องกันสำรองให้โซนที่ 1 และโซนที่ 2 ให้ทำงานประมาณ 0.6-1.0 วินาที [11-12]

### 3.ระบบทดสอบ

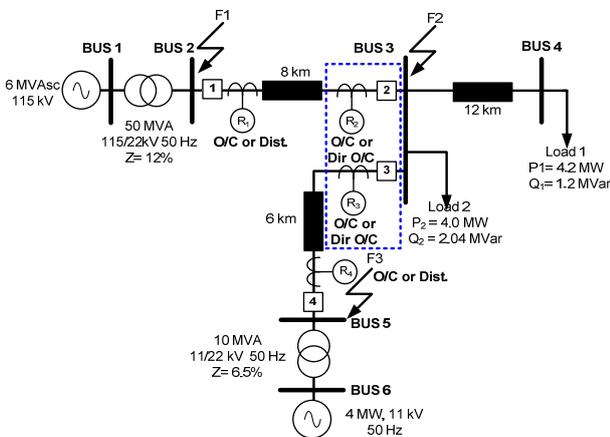
ระบบที่นำมาใช้ทดสอบเป็นระบบจำหน่ายไฟฟ้าระดับแรงดัน 22 kV ขนาด 6 บัส โดยติดตั้งเครื่องกำเนิดขนาด 4 MW ที่บัส 6 เพื่อช่วยในการจ่ายโหลดที่บัส 4 และ บัส 2 ขนาด  $S_1 = 4.36$  MVA และ  $S_2=4.49$  MVA ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบส่งจ่ายแสดงในตารางที่ 2 และตารางที่ 3 โดยทำการจำลองสถานะการณืขณะเกิดความผิดปกติที่บัส 2, บัส 3 และบัส 5 ด้วยโปรแกรม PowerWorld™ นำกระแสที่ได้มาทำการปรับตั้งค่ารีเลย์ป้องกันทั้งหมด 3 กรณี ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ กรณีที่ 1 ใช้รีเลย์ป้องกันกระแสเกิน (Time Overcurrent Relay: 51) R1, R2, R3 และ R4 กรณีที่ 2 เปลี่ยนรีเลย์ R2 และ R3 เป็นรีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบมีทิศทาง (Directional Time Overcurrent Relay: 67) และกรณีที่ 3 ใช้รีเลย์ป้องกันเชิงระยะทาง (Distance Relay :21) กำหนดการแบ่งเขตการป้องกัน 3 โซนโดยใช้รีเลย์ R1 และ R4 [13-14] ตำแหน่งการติดตั้งรีเลย์แสดงดังรูปที่ 4

ตารางที่ 2 ข้อมูลเครื่องกำเนิดและหม้อแปลงไฟฟ้า

BUS	Power	Line Voltage	X (%)
1	6 MVA	115 kV	16.6%
6	4 MW	11 kV	4%
1-2	50 MVA	115/22 kV	12 %
5-6	10 MVA	11/22 kV	6.5%

ตารางที่ 3 ข้อมูลของสายส่งไฟฟ้า

BUS	Impedance (ohm )
2-3	$0.8 + j 2.4$
3-4	$1.2 + j3.6$
3-5	$0.6 + j1.8$



รูปที่ 4 ระบบทดสอบขนาด 6 บัส

### 4. การวิเคราะห์และการอภิปรายผล

ในส่วนนี้จะแสดงถึงรายละเอียดต่างๆที่จะต้องนำมาใช้ในการปรับตั้งค่าการทำงานของรีเลย์รวมทั้งการแสดงผลที่ได้จากการจำลองการเกิดกระแสลัดวงจรที่บัสต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้าด้วยโปรแกรม Powerworld14 แสดงดังตารางที่ 4 และตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ข้อมูลในการปรับตั้งรีเลย์ป้องกันกระแสเกิน

Node	$I_L$ (A)	CT ratio
Bus 2- Bus 3	148.85	200/5
Bus 3- Bus 5	102.23	150/5

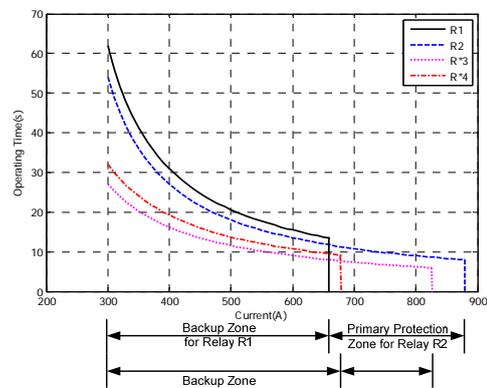
ตารางที่ 5 ขนาดของกระแสฟอลต์จากเครื่องกำเนิดแต่ละตัว

Fault Case	$I_{BUS2}$		$I_{BUS5}$	
	Max.	Min.	Max.	Min.
Bus 2	1283.32	148.85	1325.67	107.61
Bus 3	1677.29	148.85	1777.58	107.61
Bus 4	907.24	148.85	918.52	107.61
Bus 5	1364.4	148.85	1331.62	107.61

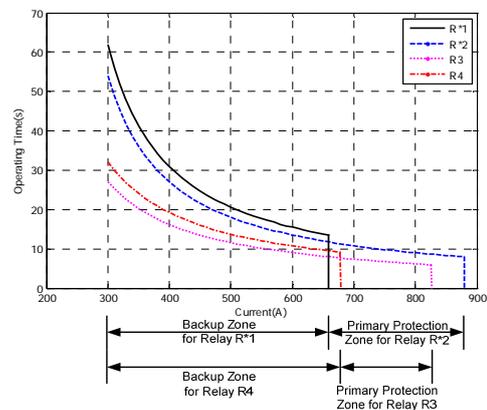
กรณีที่ 1 ใช้รีเลย์ป้องกันกระแสเกิน (Time Overcurrent Relay:51T)

R1, R2, R3 และ R4

a) รีเลย์ R\*3,R\*4 มีทิศทางของกระแสฟอลต์ไหลย้อนกลับ



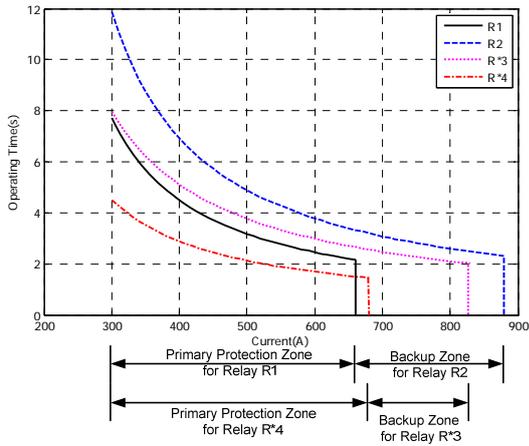
b) รีเลย์ R\*1,R\*2 มีทิศทางของกระแสฟอลต์ไหลย้อนกลับ



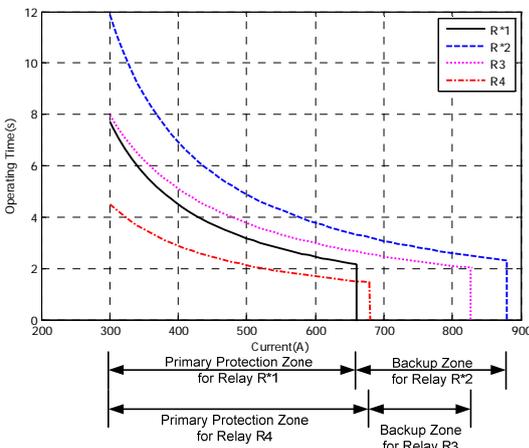
รูปที่ 5 การจัดความสัมพันธ์ของรีเลย์ป้องกันกระแสเกิน

**กรณีที่ 2** เปลี่ยนรีเลย์ R2 และ R3 เป็นรีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบมีทิศทาง (Directional Time Overcurrent Relay:67)

a) รีเลย์ R\*3,R\*4 มีทิศทางของกระแสฟลด์ที่ไหลย้อนกลับ



b) รีเลย์ R\*1,R\*2 มีทิศทางของกระแสฟลด์ที่ไหลย้อนกลับ



**รูปที่ 6** การจัดความสัมพันธ์ของรีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบมีทิศทาง

จากผลการหาค่าเวลาในการทำงานของรีเลย์กรณีที่ใช้รีเลย์ป้องกันกระแสเกินเพียงอย่างเดียวรีเลย์ R2 และ R3 จะใช้เวลาในการทำงานเร็วกว่า R1 และ R4 เนื่องจากรีเลย์ทั้งสองติดตั้งที่บัสที่เชื่อมต่อกับระบบมีกระแสไฟฟ้าล้นตัวจริงสูงทำให้ใช้เวลาสั้นกว่ารีเลย์ที่อยู่ลำดับถัดไป แต่ในกรณีของการใช้รีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบมีทิศทางนั้นรีเลย์ที่อยู่ใกล้แหล่งจ่ายจะต้องทำงานเร็วกว่ารีเลย์ที่บัสตามทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้า

การจัดลำดับความสัมพันธ์ของเส้นกราฟคุณลักษณะการทำงานของรีเลย์ป้องกันแสดงในรูปที่ 5 และรูปที่ 6 รีเลย์ R\*1, R\*2, R\*3 และ R\*4 เป็นรีเลย์ที่มีทิศทางกระแสย้อนกลับ จะสังเกตว่าเส้นโค้งของกราฟของรีเลย์ป้องกันกระแสเกิน R2 และ R3 ในบัสที่ 3 จะมีการทำงานเร็วกว่ารีเลย์ที่อยู่ห่างออกไปเพราะว่าขนาดกระแสล้นตัวจริงมีค่าสูง จากผลดังกล่าวเมื่อกระแสล้นตัวจริงมากเวลาในการทำงานจะสั้นจนกระทั่งถึงค่าของกระแสที่รีเลย์สั่งทริปแบบทันที ในบทความนี้ตั้งค่าที่ 50% ของกระแสฟลด์สูงสุด แสดงดังรูปที่ 5 a,b) ส่วนการใช้รีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบมีทิศทางรีเลย์ R1 และ R4 ที่อยู่ติดกับบัสของแหล่งจ่ายจะทำงานเร็วกว่ารีเลย์บัสที่จ่ายโหลด R2 และ R3 ทำให้เวลาในการทำงานเร็วกว่าการใช้รีเลย์ป้องกันกระแสเกินแสดงดังรูปที่ 6 a,b)

ตารางที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่ากระแสเริ่มต้นในการทำงานและตัวคูณช่วงเวลาของรีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบแปรผันตามเวลา

ตารางที่ 6 ค่ากระแสเริ่มต้นทำงานและค่าตัวคูณเวลาการทำงาน

Relay	CT ratio	Normal O/C function		Direction O/C function	
		Ip	TDS	Ip	TDS
R2	200/5	5	2	4	0.769
R3	150/5	5	2	4	0.884
R4	150/5	5	2.377	4	0.5

การปรับตั้งค่าการทำงานของรีเลย์ป้องกันเชิงระยะทางในตารางที่ 7 ทำให้เราทราบค่าขอบเขตของการป้องกันในแต่ละโซนจากตารางจะสังเกตเห็นได้ว่าค่ามุมของรีเลย์ในแต่ละโซนจะใกล้เคียงกันและมีขนาดมากกว่ามุมของโหลดเพราะว่าสายส่งมีค่าความต้านทานน้อย

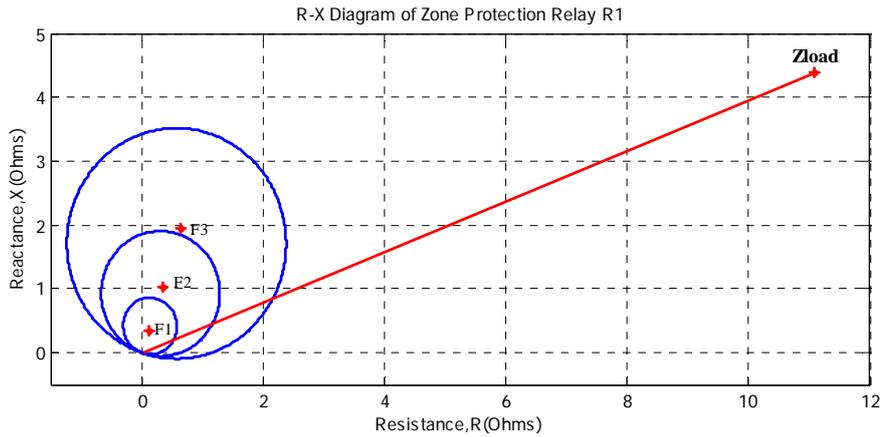
ตารางที่ 7 การปรับตั้งค่ารีเลย์ป้องกันเชิงระยะทาง

Relay No.	Impedance Setting		Angle = $\theta$
R1	Zone 1	0.1396 + j0.4188	71.56
	Zone 2	0.3130 + j0.9263	71.32
	Zone 3	0.5752 + j1.7116	71.42
	Zload	11.086 + j4.37	21.51
R4	Zone 1	0.0785 + j0.2356	71.57
	Zone 2	0.2219 + j0.6771	71.85
	Zone 3	0.4496 + j1.3620	71.73
	Zload	8.315 + j3.2	21.04

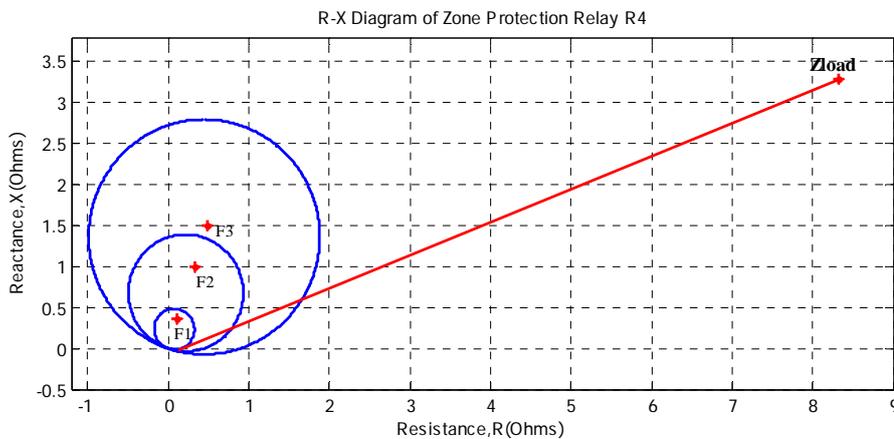
จากรูปที่ 7 เป็นเขตการป้องกันของรีเลย์ป้องกันเชิงระยะทาง R1 ที่ได้ทำการปรับตั้งค่าในเขตการป้องกันโซนที่ 1 จะมีขอบเขตการป้องกันที่น้อยกว่าโซนที่ 2 เพราะว่าค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งที่บัส 2 ถึง บัส 3 มีค่าน้อยทำให้เขตการป้องกันน้อยลงตามเมื่อเกิดฟลด์ภายในจะทำการตัดวงจรแบบทันที แต่ในเขตการป้องกันโซนที่ 2 ให้น่วงเวลาประมาณ 0.25-0.4 S จะมีขอบเขตกว้างเนื่องจากรวมค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งที่บัส 3 ถึง บัส 5 เพิ่มขึ้นมาด้วยทำให้มีค่าอิมพีแดนซ์ที่เพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้ครอบคลุมการป้องกันทั้งระบบ

จากรูปที่ 8 เป็นเขตการป้องกันของรีเลย์ป้องกันเชิงระยะทาง R4 ที่ได้ทำการปรับตั้งค่าในเขตการป้องกันโซนที่ 1 จะมีขอบเขตการป้องกันที่น้อยกว่าโซนที่ 2 เพราะว่าค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งที่บัส 5 ถึง บัส 3 มีค่าน้อยทำให้เขตการป้องกันน้อยลงตามเมื่อเกิดฟลด์ภายในจะทำการตัดวงจรแบบทันที แต่ในเขตการป้องกันโซนที่ 2 ให้น่วงเวลาประมาณ 0.25-0.4 S จะมีขอบเขตกว้างเนื่องจากรวมค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งที่บัส 2 ถึง บัส 3 เพิ่มขึ้นมาด้วยทำให้มีค่าอิมพีแดนซ์ที่เพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้ครอบคลุมการป้องกันทั้งระบบ

**กรณีที่ 3** ใช้รีเลย์ป้องกันเชิงระยะทาง (Distance Relay : 21N)



รูปที่ 7 R-X Diagram ของเขตการป้องกันเชิงระยะทางรีเลย์ R1



รูปที่ 8 R-X Diagram ของเขตการป้องกันเชิงระยะทางรีเลย์ R4

**5. บทสรุป**

การป้องกันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายที่มีจุดเชื่อมต่อกับระบบอื่น (Interconnected Protection) ในรูปแบบขนานหรือลูป การปรับตั้งค่าการทำงานของรีเลย์จะยุ่งยากขึ้นอีกมากทำให้การทำงานของตัววงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit breaker) ตัวใดตัวหนึ่งไม่สามารถทำการตัดการลัดวงจรตามของเขตที่เกิดขึ้นได้ ส่งผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรไปยังเขตการป้องกันของระบบอื่นๆ เพิ่มอีก ทำให้รีเลย์จุดอื่นทำงานหรือไปเปลี่ยนสถานะการทำงานของรีเลย์ที่ทำงานตามหน้าที่เดิมที่ตั้งไว้แล้ว ในระบบทดสอบที่มีจุดเชื่อมต่อระดับกระแสลัดวงจรจะมีค่าสูงเนื่องมาจากมีแหล่งจ่ายกระแสลัดวงจรเพิ่มขึ้นจะพบว่ารีเลย์ไม่สามารถจัดระบบการป้องกันให้สามารถแยกแยะการเกิดลัดวงจรได้ทุกแบบ เพราะฉะนั้นต้องพิจารณาถึงสภาวะกระแสลัดวงจรสูงสุด ต่ำสุด จนถึงจุดที่ดีที่สุดที่สามารถยอมรับได้ การแก้ปัญหาหนึ่งทำได้โดยการติดตั้งรีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบมีทิศทาง (Directional overcurrent) แต่มีความยุ่งยากในการปรับตั้งค่า การติดตั้งรีเลย์ป้องกันเชิงระยะทางก็เป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าวเพราะสามารถตรวจสอบได้ทั้งขนาดของกระแสและทิศทาง อีกทั้งยังลดจำนวนของรีเลย์ป้องกัน นอกจากนั้นข้อดีอีกประการหนึ่งของรีเลย์ชนิดนี้ก็คือนำมาทำการปรับตั้งค่าการทำงานของรีเลย์ใหม่เพราะว่าจะพิจารณาเฉพาะค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งในระบบส่งจ่ายเท่านั้น

**6. เอกสารอ้างอิง**

1. P.M. Anderson ,Power System Protection, IEEE PRESS., Mc Graw Hill Inc.,1999.
2. Urdaneta, A.J. ,Nadira, R. and Perez Jimenez, L.G., "Optimal coordination of directional overcurrent relays in interconnected power systems",Power Delivery, IEEE Transactions on Volume 3, Issue 3, July 1988 Page(s):903 – 911.
3. Zeineldin, H.H., El-Saadany, E.F. and Salama, M.M.A., "Protective Relay Coordination for Micro-grid Operation Using Particle Swarm Optimization", Power Engineering, 2006 Large Engineering Systems Conference, on 26-28 July 2006 page(s):152 – 157.
4. I. Chilvers, N. Jenkins and P. Crossley, "Distance relaying of 11kV circuits to increase the installed capacity of distributed generation" , Generation, Transmission and Distribution, IEE Proceedings-Volume 152, Issue 1, 10 Jan. 2005 Page(s):40 – 46.

5. Prica, Marija and Ilic, Marija; "A novel fault-dependent-time-settings algorithm for overcurrent relays", Power & Energy Society General Meeting, 2009. PES '09. IEEE26-30 July 2009 Page(s):1-9.
6. John Horak and Walt Babic, "Directional Overcurrent Relaying (67) Concepts", IEEE Rural Electric Power Conference, 2006.
7. GEC Alstom, Protective Relay Application Guide, GEC ALSTHOM Measurement Limitd,1987.
8. Stanley H. Horowitz and Arun G. Phadke, Power System Relaying, Third Edition,WILEY,2008.
9. J. L. Blackburn, Protective Relaying; Principles and Applications,New York: Marcel Dekker,1987.
10. ธนัตชัย กุลวรรานิชพงษ์, "การป้องกันและรีเลย์ Protection and Relay" ศูนย์ผลิตตำราเอกสารประกอบการสอน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี,2552.
11. Perez, L. G. and Urdaneta, A. J., " Optimal Computation of Distance Relays Second Zone Timing in a Mixed Protection Scheme with Directional Overcurrent Relays",Power Engineering Review, IEEE Volume 21, Issue 4, April 2001 Page(s):71 – 71.
12. Jong-Man Cho, Chang-Ho Jung and Jin-O Kim," Adaptive setting of digital relay for transmission line protection", Power System Technology, 2000. Proceedings. PowerCon 2000. International Conference on Volume 3, 4-7 Dec. 2000 Page(s):1465 - 1468 vol.3.
13. H. Shateri and S. Jamali, "Measured impedance by distance relay in second protective zone", Universities Power Engineering Conference, 2007. UPEC 2007. 42nd International 4-6 Sept. 2007 Page(s):900 – 904.
14. S.G. Srivani , Panduranga Vittal K and Chandrasekhar Reddy Atla, "Development of three zone quadrilateral adaptive distance relay for the protection of parallel transmission line",Industrial Technology, 2009. ICIT 2009. IEEE International Conference on 10-13 Feb. 2009 Page(s):1 – 6.