ชื่อโครงการ ศึกษาการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ป้องกันเมื่อมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า
แหล่งเงินทุน ทุนรายได้คณะ
ประจำปีงบประมาณ 2556 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 80,000 บาท
ระยะเวลาการทำวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2555 ถึง 30 กันยายน 2556
ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุหน่วยงานต้นสังกัด
1. ผศ.ดร.อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอผลกระทบของอุปกรณ์ป้องกันเมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย (DG) ขนาด 8 MW เชื่อมต่อเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของประเทศไทย กรณีศึกษาถูกจำลองสำหรับกรณีลัดวงจรสามเฟสและกรณีลัดวงจรหนึ่งเฟสลงดินโดยใช้โปรแกรมการคำนวณระบบไฟฟ้าแบบดิจิตอล ผลสรุปของโครงการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า กระแสลัดวงจรจากสถานีไฟฟ้าจะลดลงเมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายติดตั้งเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า เนื่องจากอิมพีแดนซ์ของระบบเกิดการเปลี่ยนแปลง กรณีลัดวงจรบางกรณีสามารถนำไปสู่การทำงานที่ผิดพลาดของอุปกรณ์ป้องกัน อีกประการหนึ่ง ผลสรุปของโครงการวิจัยนี้สามารถใช้และสร้างความเหมาะสมและยุติธรรมทั้งทางด้านผู้ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายและการไฟฟ้าของประเทศไทย

คำสำคัญ : อุปกรณ์ป้องกัน ระบบจำหน่ายไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย

Research Title: **Analysis of Protective Relay Coordination when DG interconnection with Distribution System**
Researcher: **Asst. Prof. Dr.Chaiyan Jettanasen and**
Faculty: Engineering **Department: Electrical Engineering**

ABSTRACT

This research proposed the effect of protection device when 8 MW distributed generation (DG) interconnected to distribution system of Thailand. Case studies are simulated for 3 phase fault (3-P) and single line to ground fault (SLG) using digital simulation and electrical network calculation program (DIgSILENT). The results of this research are shown that fault current from substation will be decreased, when DG installed into the distribution system, due to impedance of system is changed. Such a fault can lead to the malfunction of the protective relays. In addition, the results of this research can be used and created the suitable and fairness of the fee for both DG and utility.

Keywords : Protective Relay, Distribution System, Distributed Generation

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ จากการช่วยเหลือจากหลายท่าน ที่ได้กรุณาแนะนำและเสนอแนะข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการวิจัยจนสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณทุนวิจัยเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่มอบทุนวิจัย ให้แก่โครงการวิจัยในครั้งนี้

ท้ายนี้ผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวซึ่งให้การสนับสนุน ให้กำลังใจอีกทั้งเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการจัดหาอุปกรณ์ และข้อมูลต่าง ๆ ในการทำโครงงานครั้งนี้จนสำเร็จได้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	3
2.1 รูปแบบของระบบจำหน่ายไฟฟ้า	3
2.1.1 ระบบไฟฟ้าแบบเรเดียล	4
2.1.2 ระบบไฟฟ้าแบบวงแหวน	4
2.1.3 ระบบไฟฟ้าแบบร่างแห	5
2.2 อุปกรณ์หลักในระบบจำหน่ายไฟฟ้า	6
2.3 อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินระบบไฟฟ้าแรงดันปานกลาง	7
2.3.1 เซอร์กิตเบรคเกอร์แรงดันปานกลาง	7
2.3.2 ฟิวส์แรงดันปานกลาง	9
2.4 การคำนวณค่ากระแสผิดพร่อง	10
2.5 ประเภทของความผิดพร่อง	10
2.5.1 การลัดวงจรแบบ 3 เฟส	10
2.5.2 การลัดวงจรแบบ เฟส – ดิน	11
2.5.3 การลัดวงจรแบบ เฟส – เฟส – ดิน	12
2.6 การคำนวณการลัดวงจรโดยใช้ Z_{bus}	13
2.6.1 การนำแสดงระบบไฟฟ้า	13
2.6.2 การหาค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าผิดพร่อง	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 ผลของการต่อหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีผลต่อค่ากระแสผิดพร่อง	15
2.8 การออกแบบระบบป้องกัน	16
2.9 การจัดลำดับความสัมพันธ์ของระบบป้องกัน	17
2.9.1 การจัดลำดับความสัมพันธ์โดยใช้กระแส	17
2.9.2 การจัดลำดับความสัมพันธ์โดยใช้เวลา	17
2.9.3 การจัดลำดับความสัมพันธ์โดยใช้ทั้งกระแสและเวลา	17
2.10 คุณสมบัติของระบบป้องกัน	18
2.11 การแบ่งส่วนของระบบป้องกัน	18
2.12 ความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าอันเนื่องจากเหตุการณ์ขัดข้อง	19
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 3 การทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง	23
3.1 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าจำลอง	23
3.2 ผลกระทบที่มีต่อระดับแรงดันไฟฟ้า	25
3.3 ผลกระทบที่มีต่อพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียจากการจ่ายไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลด	26
3.4 ผลกระทบของ DG ที่มีผลต่อค่ากระแสลัดวงจรของระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเฟส-กราวด์	28
3.5 ผลกระทบของ DG ที่มีผลต่อค่ากระแสลัดวงจรของระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบ 3 เฟส	28
3.6 การจัดลำดับการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันตำแหน่งต่าง ๆ ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า	29
3.7 ผลกระทบที่มีต่อลำดับการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่ายไฟฟ้า	34
บทที่ 4 สรุปผลการวิจัย	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก ก	41
ประวัติผู้วิจัย	52

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ระบบไฟฟ้าแบบเรเดียล	4
2.2 ระบบไฟฟ้าแบบวงแหวน	5
2.3 ระบบไฟฟ้าแบบร่างแห	5
2.4 อุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่ายแบบเรเดียล	16
3.1 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าจำลอง	23
3.2 ระบบไฟฟ้าจำลองอย่างง่ายที่ทำการศึกษา	24
3.3 Name Plate หม้อแปลงไฟฟ้าที่ติดตั้งใช้งานในระบบจำหน่ายไฟฟ้า	26
3.4 ลำดับการทำงานระหว่างรีโคลสเซอร์ตำแหน่งที่ 4 กับ ฟิวส์ลิงค์ขนาดพิกัด 65k ด้านเฟส	29
3.5 ลำดับการทำงานระหว่างรีโคลสเซอร์ 4 กับ ฟิวส์ลิงค์ขนาดพิกัด 65k ด้านกราวด์	30
3.6 ลำดับการทำงานระหว่างรีโคลสเซอร์ตำแหน่งที่ 4 กับรีโคลสเซอร์ตำแหน่งที่ 5 ด้านเฟส	31
3.7 ลำดับการทำงานระหว่างรีโคลสเซอร์ตำแหน่งที่ 4 กับรีโคลสเซอร์ตำแหน่งที่ 5 ด้านกราวด์	32
3.8 ลำดับการทำงานระหว่างรีโคลสเซอร์ตำแหน่งที่ 5 กับ ฟิวส์ลิงค์ขนาดพิกัด 65k ด้านเฟส	33
3.9 ลำดับการทำงานระหว่างรีโคลสเซอร์ตำแหน่งที่ 5 กับ ฟิวส์ลิงค์ขนาดพิกัด 65k ด้านกราวด์	33
3.10 ลำดับการทำงานระหว่างรีโคลสเซอร์ตำแหน่งที่ 4 กับ ฟิวส์ลิงค์ขนาดพิกัด 65k เมื่อเกิดความผิดพร่องประเภท 3 เฟส ในตำแหน่งที่ 11	35
3.11 ลำดับการทำงานระหว่างรีโคลสเซอร์ตำแหน่งที่ 4 กับ ฟิวส์ลิงค์ขนาดพิกัด 65k เมื่อเกิดความผิดพร่องประเภท เฟส-กราวด์ ในตำแหน่งที่ 11	36

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ข้อมูลกระแสลัดวงจรเพื่อการเลือกค่าพิกัดเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันปานกลาง	9
2.2	ข้อมูลกระแสลัดวงจรเพื่อการเลือกค่าพิกัดฟิวส์แรงดันปานกลาง	9
2.3	สรุปข้อมูลลกระแสลัดวงจรเพื่อใช้พิจารณาค่าพิกัดอุปกรณ์ป้องกัน	10
2.4	ความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าที่จัดแบ่งตามประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้า (บาท/kW)	20
3.1	ประเภทผู้ใช้ไฟ, จำนวนผู้ใช้ไฟ และปริมาณโหลดหม้อแปลงไฟฟ้า	23
3.2	ระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลังตำแหน่งต่าง ๆ	25
3.3	พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียเนื่องจากการจ่ายโหลด	26
3.4	ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดตำแหน่งต่าง ๆ	27
3.5	ปริมาณกระแสไฟฟ้าผิดพร่องประเภทเฟส-กราวด์ ที่ค่า Fault Impedance ขนาด 40 โอห์ม	27
3.6	ปริมาณกระแสไฟฟ้าผิดพร่องประเภท 3 เฟส	28
3.7	ค่าการทำงานของรีโคลสเซอร์ตำแหน่ง 4	29
3.8	ค่าการทำงานของรีโคลสเซอร์ตำแหน่งที่ 4 และ 5	30
3.9	ค่าการทำงานของรีโคลสเซอร์ตำแหน่งที่ 5	32
3.10	ค่ากระแสผิดพร่องประเภท 3 เฟส ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าขณะเชื่อม DG ในระบบไฟฟ้า	34
3.11	ค่ากระแสผิดพร่องประเภท เฟส-ดิน ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าขณะเชื่อม DG ในระบบไฟฟ้า	35