



247170



การมีอำนาจในการผลิตไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก
ตามมติของคณะกรรมการอำนาจน้ำ

นายสมชาย หอมทิพย์

นายสุวิทย์ คุ้มภัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อสนองต่อความต้องการของ
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. 2553



การมีส่วนในกระแสฟอลท์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมตอกับระบบจำหน่าย

นายสมัชชา พุทธปฏิโมกษ์ อส.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. 2553



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(ผศ.ดร.สุเมธ เนติศักดิ์านนท์)

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(ผศ.ดร.อนวัช แสงสว่าง)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

.....
(ดร.อัฒชัย เอื้ออนันตสันต์)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การมีส่วนร่วมในกระแสฟอลต์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นายสมัชชา พุทธปฎิโมกษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.อนวัช แสงสว่าง
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	2553

บทคัดย่อ

247170

การเพิ่มขึ้นของหน่วยผลิตไฟฟ้ารายย่อยที่ต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า จำเป็นที่ต้องการมาตรฐานใหม่สำหรับคุณภาพของกำลังไฟฟ้า ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและป้องกันความเสียหายเมื่อเกิดสถานะการจ่ายไฟฟ้าแบบแยกตัวอิสระ (Islanding) ขึ้นในระบบจำหน่ายไฟฟ้า วิทยานิพนธ์นี้มุ่งเน้นที่การมีส่วนร่วมของฟอลต์ (Fault) ของระบบผลิตไฟฟ้ารายย่อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในสถานการณ์ที่เกิดการจ่ายไฟฟ้าแบบแยกตัวอิสระที่ไม่พึงปรารถนาขึ้น การทดลองนี้ได้ใช้อินเวอร์เตอร์แบบต่อกับระบบจำหน่ายที่มีขายทั่วไป จำลองการเกิดฟอลต์ในระบบจำหน่ายตามมาตรฐานของ IEEE นั่นคือระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายมีส่วนทำให้ฟอลต์สูงขึ้นพิจารณาจากผลของการเกิดฟอลต์เดิม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าหากสิ่งที่กำหนดในมาตรฐานสูญเสียไปกรณีใช้อินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายใช้เวลาในการตรวจจับสถานะการจ่ายไฟฟ้าแบบแยกตัวอิสระและหยุดการทำงาน ผลการทดลองเน้นประโยชน์ในการศึกษาการมีส่วนร่วมของฟอลต์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า การศึกษาจะแสดงให้เห็นถึงนี้กระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จะทำให้กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากฟอลต์สูงขึ้นซึ่งจะมีผลอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ต่อระบบการป้องกัน ข้อสังเกตจากการทดลองนี้แนะนำในการเลือกหรือปรับปรุงอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย

คำสำคัญ : ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์/ ระบบจำหน่าย/ การจ่ายไฟฟ้าแบบแยกตัวอิสระ

Thesis Title	Fault Contribution of a PV Grid Connected System
Thesis Credits	12
Candidate	Mr. Samatcha Phuttapatimok
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Anawach Sangswang
Program	Master of Engineering
Field of Study	Electrical Engineering
Department	Electrical Engineering
Faculty	Engineering
B.E.	2553

Abstract

247170

An increasing number of distributed generations (DGs) being connected to the utility grid has raised the need for new and more rigorous standards for power quality, safety operation and islanding protection of the grid interconnection. This work focuses on the fault contribution of a distributed generation, specifically PV grid-connected system in the event of an unintentional islanding. An experimental setup was created using an off-the-shelf grid-connected inverter to emulate the event of a fault occurring on a distribution feeder. An extreme case scenario, according to the IEEE standard, that would result in the highest fault contribution of the PV grid-connected system, was considered for conservative results. The experimental results have shown that, without violating the specified criteria in the standard, the grid-connected inverter takes times to detect an islanding condition and stop energizing. The experimental results were used to investigate the fault contribution in a distribution system. This study has shown that higher penetration level of the PV grid-connected systems results in higher fault current, which unavoidably has effects on the protective devices. This observation introduces the possibility of selecting and/or upgrading protective devices in a distribution system.

Keywords : PV Grid Connected System/ Power Distribution / Islanding

กิตติกรรมประกาศ

ขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ที่ให้ชีวิต ขอบคุณครู อาจารย์ที่ให้วิชา ขอบคุณบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) ที่ให้โอกาส ขอบคุณ ผศ.ดร.อนวัช แสงสว่าง ที่รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและควบคุมวิทยานิพนธ์ การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้เพราะได้รับคำปรึกษาและการแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำงานวิจัยเรื่องนี้จาก ผศ.ดร.อนวัช แสงสว่าง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและควบคุมวิทยานิพนธ์และกรุณาให้แนวคิดคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาและข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ขอบคุณ ดร.ธีรยุทธ เจนวิทยา ผู้อำนวยการศูนย์พัฒนามาตรฐานและทดสอบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (CSSC) ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงานวิจัย ขอบคุณ คุณมานิต สีแป้น เจ้าหน้าที่ CSSC ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการทดลองอย่างไม่รู้จักเหน็ดเหนื่อย ขอบคุณเพื่อนร่วมงานที่ทำให้กำลังใจงานวิทยานิพนธ์เสร็จจุล่งด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ฉ
รายการสัญลักษณ์	ญ
ประมวลศัพท์และคำย่อ	ฒ

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ปัญหาที่มาของงานวิจัย	2
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4
1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	9
2.1 ระบบผลิตไฟฟ้า	9
2.2 ระบบผลิตไฟฟ้ารายย่อย	10
2.3 เทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้ารายย่อย	12
2.3.1 ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ	12
2.3.2 ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล	12
2.3.3 ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม	13
2.3.4 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	13
2.4 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์	16
2.4.1 เซลล์แสงอาทิตย์	16
2.4.2 การนำระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ มาใช้งาน	19

2.5	อินเวอร์เตอร์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า	20
2.5.1	อินเวอร์เตอร์	20
2.5.2	เทคโนโลยีของอินเวอร์เตอร์	20
2.5.3	เงื่อนไขการทำงานของอินเวอร์เตอร์	23
2.5.4	ค่ากระแสฮาร์มอนิกซ์ของอินเวอร์เตอร์	24
2.5.5	ค่าตัวประกอบกำลัง	24
2.5.6	ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์	25
2.5.7	การแยกส่วนระหว่างด้านไฟฟ้ากระแสสลับและด้านไฟฟ้ากระแสตรง	25
2.5.8	วงจรควบคุมกำลังของอินเวอร์เตอร์	26
2.5.9	เงื่อนไขการเริ่มทำงานและการหยุดทำงานของอินเวอร์เตอร์	26
2.5.10	การป้องกันของอินเวอร์เตอร์	26
2.6	ฟอลต์ในระบบไฟฟ้า	27
2.6.1	แหล่งกำเนิดกระแสลัดวงจร	28
2.6.2	กระแสลัดวงจรและรีแอกแตนซ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส	29
2.7	การวิเคราะห์ฟอลต์	31
2.7.1	ฟอลต์ชนิดสามเฟส	33
2.7.2	ฟอลต์ชนิดเฟสเดียวลงกราวด์	33
2.7.3	ฟอลต์ชนิดสองเฟสลัดวงจร	34
2.7.4	ฟอลต์ชนิดสองเฟสลัดวงจรลงกราวด์	35
2.8	การเลือกขนาดพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์	36
2.8.1	แฟกเตอร์การคูณ	36
2.8.2	กระแสชั่วขณะ	37
2.8.3	อินเตอร์รัปติงคาปาซิเตอร์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์	38
2.8.4	กระแสอินเตอร์รัปติง IC	38
2.9	การจ่ายไฟฟ้าแบบแยกตัวอิสระ	39
2.10	มาตรฐานการป้องกัน กำลังไฟฟ้าที่จุดเชื่อมต่อสำหรับระบบผลิตไฟฟ้ารายย่อยต่อกับระบบจำหน่าย	41
2.10.1	มาตรฐาน IEEE Std.929-2000	41
2.10.2	มาตรฐาน IEEE Std 1547.1™-2005	42
2.10.3	มาตรฐาน IEC 61727	42

3. การทดสอบ Unintentional Islanding	44
3.1 การทดสอบอินเวอร์เตอร์	45
3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและเก็บข้อมูล	46
3.1.2 ขั้นตอนการทดสอบ	47
3.2 ผลการทดสอบ Unintentional Islanding	49
3.3 สรุปผลการทดสอบอินเวอร์เตอร์	55
4. ผลกระทบของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า	57
4.1 การจำลองระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	57
4.2 จำลองแหล่งจ่ายที่ใช้แทนระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์	58
4.3 ผลกระทบของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ต่อระบบจำหน่าย	61
4.3.1 กระแสฟอลท์ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับระบบจำหน่าย	63
4.4 ผลกระทบต่ออุปกรณ์ป้องกัน	68
4.5 สรุปผลกระทบของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า	71
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	72
5.1 สรุป	72
5.2 ข้อเสนอแนะ	73
เอกสารอ้างอิง	75
ภาคผนวก	
ก การเผยแพร่ผลงานวิจัย	78
ข พารามิเตอร์ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ใช้ในการจำลอง	89
ค สารสำคัญของมาตรฐาน IEEE 1547-2005	95
ง การทดสอบอินเวอร์เตอร์ ในหัวข้อ Unintentional Islanding	99
จ กระแสฟอลท์จากการจำลอง	117
ประวัติผู้วิจัย	126

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์แบบควบคุมแรงดันเอาต์พุตและแบบควบคุม	22
2.2 แฟกเตอร์ที่ใช้คู่กับกระแสขั้วทรานเซียนต์เพื่อคำนวณหาค่ากระแสชั่วขณะที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องทนทานได้	38
2.3 สรุปข้อกำหนดมาตรฐานต่างๆที่สำคัญ	42
2.4 ผลตอบสนองของอินเวอร์เตอร์ต่อการเกิด Islanding มาตรฐานต่างๆ	43
3.1 คุณลักษณะของอินเวอร์เตอร์ที่ทำการทดสอบ	47
3.2 แสดงเวลาที่อินเวอร์เตอร์หยุดจ่ายกระแสที่โหลดต่างๆ	52
3.3 เปรียบเทียบ trip time ของอินเวอร์เตอร์เทียบกับมาตรฐานต่างๆ	54
4.1 ระบบจำหน่ายที่ใช้ในการจำลอง	57
4.2 เปรียบเทียบกระแสตัววงจรจากแหล่งจ่ายต่างๆ	70
ข.1 ค่าพารามิเตอร์สายของสายป้อน	90
ข.2 หม้อแปลงและมิเตอร์ที่เชื่อมโยงกับสายป้อน	92
ข.3 ข้อมูลสายไฟฟ้า	94
ก.1 แสดงกระแสฮาร์โมนิกสูงสุด	97
จ.1 กระแสฟอลท์ของระบบจำหน่ายที่มีแหล่งจ่ายแรงดันในระบบจำหน่าย	118
จ.2 กระแสฟอลท์ของระบบจำหน่ายที่มีแหล่งจ่ายกระแสในระบบจำหน่าย	120
จ.3 กระแสฟอลท์ของระบบจำหน่ายที่มีแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่าย	121

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
2.1 ระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าในปัจจุบัน	10
2.2 ระบบผลิตไฟฟ้าที่มีระบบผลิตไฟฟ้ารายย่อยต่ออยู่เป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน	11
2.3 โครงสร้างการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการให้ความร้อนกับน้ำในท่อโดยหลักการสะท้อนแสงแบบโค้ง	14
2.4 ระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นสะท้อนโค้ง	14
2.5 การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยใช้หลักการเคลื่อนตัวของอากาศ	15
2.6 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า	16
2.7 วงจรเทียบเคียงเซลล์แสงอาทิตย์	17
2.8 กราฟลักษณะกระแส - แรงดันและกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์	18
2.9 การแบ่งประเภทอินเวอร์เตอร์	21
2.10 ไคโอะแกรมของอินเวอร์เตอร์ชนิด Voltage Type แบบควบคุมกระแส เอาท์พุท	22
2.11 ผลการสำรวจขนาดของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ต่อขนาดของอินเวอร์เตอร์	24
2.12 ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์	25
2.13 กระแสลัดวงจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่แปรตามเวลา	29
2.14 รูปคลื่นกระแสลัดวงจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโครนิสขณะไม่ได้จ่ายโหลด	29
2.15 วงจรเทียบเคียงฟอลท์ชนิดสามเฟส	33
2.16 วงจรเทียบเคียงฟอลท์ชนิดเฟสเดียวลงกราวด์	33
2.17 วงจรเทียบเคียงฟอลท์ชนิดสองเฟสลัดวงจร	34
2.18 วงจรเทียบเคียงฟอลท์ชนิดสองเฟสลงกราวด์	35
2.19 เส้นโค้งเฟกเตอร์การคูณที่สอดคล้องกับการลดลงของส่วนประกอบกระแสตรงตามการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วน X/R	37
2.20 ระบบผลิตไฟฟ้าที่มีระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ต่อขนานกับระบบจำหน่าย	40
2.21 ปรากฏการณ์ Islanding	40
3.1 ไคโอะแกรมอินเวอร์เตอร์ที่ต่อกับระบบจำหน่าย	44

3.2	ไดอะแกรมการต่อวงจรทดสอบ Unintentional Islanding ตามมาตรฐาน IEEE 1547-2005	46
3.3	ไดอะแกรมการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบ Unintentional Islanding	46
3.4	รูปคลื่นกระแสกริด กระแสและแรงดันอินเวอร์เตอร์ที่ภาระ 33% ของกำลังรวมอินเวอร์เตอร์	50
3.5	รูปคลื่นกระแสกริด กระแสและแรงดันอินเวอร์เตอร์ ที่ภาระ 66% ของกำลังรวมอินเวอร์เตอร์	50
3.6	รูปคลื่นกระแสกริด กระแสและแรงดันอินเวอร์เตอร์ ที่ภาระ 100% ของกำลังรวม	51
3.7	เปรียบเทียบเวลาหยุดจ่ายกระแสของอินเวอร์เตอร์	53
4.1	ไดอะแกรมระบบจำหน่ายขนาด 51 บัส	58
4.2	รูปคลื่นกระแสกริด กระแสและแรงดันอินเวอร์เตอร์ที่ภาระ 105% ของกำลังรวมอินเวอร์เตอร์	59
4.3	ไดอะแกรมแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ	59
4.4	ไดอะแกรมแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ	60
4.5	ไดอะแกรมแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ	60
4.6	ไดอะแกรมระบบจำหน่ายและเกิตฟอลท์ในระบบจำหน่าย	61
4.7	ไดอะแกรมระบบจำหน่ายที่มีระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ต่อกับระบบจำหน่ายและเกิตฟอลท์ในระบบจำหน่าย	62
4.8	รูปคลื่นกระแสฟอลท์แบบสามเฟสเมื่อมีการติดตั้ง PV=100%	63
4.9	รูปคลื่นกระแสฟอลท์แบบเฟสเดียวลงกราวด์เมื่อมีการติดตั้ง PV=100%	64
4.10	รูปคลื่นกระแสฟอลท์แบบสองเฟสลงกราวด์เมื่อมีการติดตั้ง PV=100%	65
4.11	รูปคลื่นกระแสฟอลท์แบบสองเฟสลงกราวด์เมื่อมีการติดตั้ง PV=100%	66
4.12	รูปขยายรูปคลื่นกระแสฟอลท์แบบสองเฟสลงกราวด์เมื่อมีการติดตั้ง PV=100%	66
4.13	กราฟกระแสฟอลท์จากเหตุการณ์ต่างๆและแหล่งจ่ายต่างๆ	68
ง.1	รูปคลื่นกระแสกริด กระแสและแรงดันอินเวอร์เตอร์ ที่ภาระ 28% ของกำลังรวมอินเวอร์เตอร์	100
ง.2	รูปคลื่นกระแสกริด กระแสและแรงดันอินเวอร์เตอร์ ที่ภาระ 29% ของกำลังรวมอินเวอร์เตอร์	100
ง.3	รูปคลื่นกระแสกริด กระแสและแรงดันอินเวอร์เตอร์ ที่ภาระ 30% ของกำลังรวมอินเวอร์เตอร์	101

[illegible]

- ง.32 รูปคลื่นกระแสกริด กระแสและแรงดันอินเวอร์เตอร์ ที่ภาระ 104% 115
ของกำลังรวมอินเวอร์เตอร์
- ง.33 รูปคลื่นกระแสกริด กระแสและแรงดันอินเวอร์เตอร์ ที่ภาระ 105% 116
ของกำลังรวมอินเวอร์เตอร์

รายการสัญลักษณ์

I	=	กระแสไฟฟ้าเอาท์พุท มีหน่วยเป็นแอมแปร์
I_L	=	กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากแหล่งพลังงานแสง มีหน่วยเป็นแอมแปร์
I_D	=	กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอด มีหน่วยเป็นแอมแปร์
I_{SH}	=	กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทาน Shunt มีหน่วยเป็นแอมแปร์
V_j	=	แรงดันตกคร่อม ไดโอดและความต้านทานขนาน (R_{SH})
V	=	แรงดันไฟฟ้าขาออก มีหน่วยเป็นโวลต์
R_s	=	ความต้านทานอนุกรม มีหน่วยเป็นโอห์ม
I_{sc}	=	กระแสลัดวงจร (Short circuit current)
V_{oc}	=	แรงดันวงจรเปิด (Open circuit voltage)
P_{max}	=	กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum power point)
FF.	=	ฟิลล์แฟกเตอร์ (Fill Factor)
DG	=	หน่วยผลิตไฟฟ้ารายย่อย (Distributed Generation)
X_d^-	=	ซับทรานเซียนต์รีแอคแตนซ์ (Subtransient Reactance)
X_d'	=	ทรานเซียนต์รีแอคแตนซ์ (Transient Reactance)
X_d	=	ซิงโครนัสรีแอคแตนซ์ (Synchronous Reactance)
I_{max}''	=	กระแสซับทรานเซียนต์สูงสุด (maximum subtransient current)
I_{max}'	=	กระแสทรานเซียนต์สูงสุด (maximum transient current)
I_{max}	=	กระแสอยู่ตัวสูงสุด (maximum steady state current)
E_G	=	แรงดันประสิทธิผลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขณะไม่มีโหลดและเป็นแรงดันระหว่างไลน์กับนิวทรัล

ประมวลศัพท์และคำย่อ

IEEE	=	Institute of Electrical and Electronics Engineers
PV	=	Photovoltaic
VSPP	=	Very Small Power Producer
IPP	=	Independent Power Producer
SPP	=	Small Power Producer
EPRI	=	Electric Power Research Institute
CIGRE	=	The International council on large Electric system
IEA	=	International Energy Agency