ข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1. ข้อกำหนดทางเทคนิค

1.1 แรงดันและความถี่

แรงดันและความถี่ของระบบผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก จะต้องเข้ากันได้กับระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและเป็นไปตามระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าที่มีผลบังคับใช้ ณ ขณะนั้น

1.2 ฮาร์มอนิก (Harmonics)

ระบบผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจะต้องไม่สร้างกระแสฮาร์มอนิกจ่ายเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้าเกินขีดจำกัดที่กำหนดไว้ ตามระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าที่มีผลบังคับใช้ ณ ขณะนั้น สำหรับการตรวจวัดที่ระดับแรงดันอื่นๆ นอกเหนือจากข้อกำหนดข้างต้นให้นำมาตรฐาน IEC ที่เหมาะสมมาใช้

1.3 แรงดันกระเพื่อม (Voltage Fluctuation)

ระบบผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจะต้องไม่ก่อให้เกิดแรงดันกระเพื่อมเกินขีดจำกัดที่กำหนดไว้ตามระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าที่มีผลบังคับใช้ ณ ขณะนั้น

1.4 การจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Injection)

ระบบผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจะต้องไม่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้าเกินขีดจำกัดที่กำหนดไว้ ตามระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าที่มีผลบังคับใช้ ณ ขณะนั้น

1.5 การควบคุมกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (Reactive Power control)

ระบบผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจะต้องสามารถควบคุมตัวประกอบกำลังหรือกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเพื่อรักษาระดับแรงดัน ณ จุดต่อเชื่อม ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ กฟภ. โดยระบบผลิตไฟฟ้าของผู้ขอใช้บริการจะต้องมีความสามารถดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1. การควบคุมตัวประกอบไฟฟ้ากำลังของระบบผลิตไฟฟ้าแบ่งตามระดับแรงดัน ณ จุดต่อเชื่อมกับระบบของ กฟภ.

ระดับแรงดัน ณ จุด PCC	* ความสามารถในการปรับค่า Power factor	วิธีการควบคุมกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ
1) ระดับแรงดันต่ำ 2) ระดับแรงดันปานกลางหรือระดับแรงดันสูง (กำลังผลิตติดตั้งไม่เกิน 500 กิโลวัตต์)	0.95 lagging to 0.95 leading เป็นอย่างน้อย	ควบคุมได้อย่างน้อย 1 วิธี คือ A fixed displacement factor cos Θ
3) ระดับแรงดันปานกลางหรือระดับแรงดันสูง (กำลังผลิตติดตั้งมากกกว่า 500 กิโลวัตต์)	0.90 lagging to 0.90 leading เป็นอย่างน้อย	ควบคุมได้อย่างน้อย 2 วิธี คือ 1) A fixed displacement factor cos Θ 2) A variable reactive power depending on the voltage Q(U)

1.6 การควบคุมกำลังไฟฟ้า (Active power control)

ระบบผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจะต้องสามารถปรับลดกำลังไฟฟ้าจาก 100 เปอร์เซ็นต์ เหลือศูนย์เปอร์เซนต์ ได้ โดยสามารถปรับลดกำลังไฟฟ้าอย่างน้อยครั้งละ 10 เปอร์เซ็นต์ต่อนาที ทั้งนี้

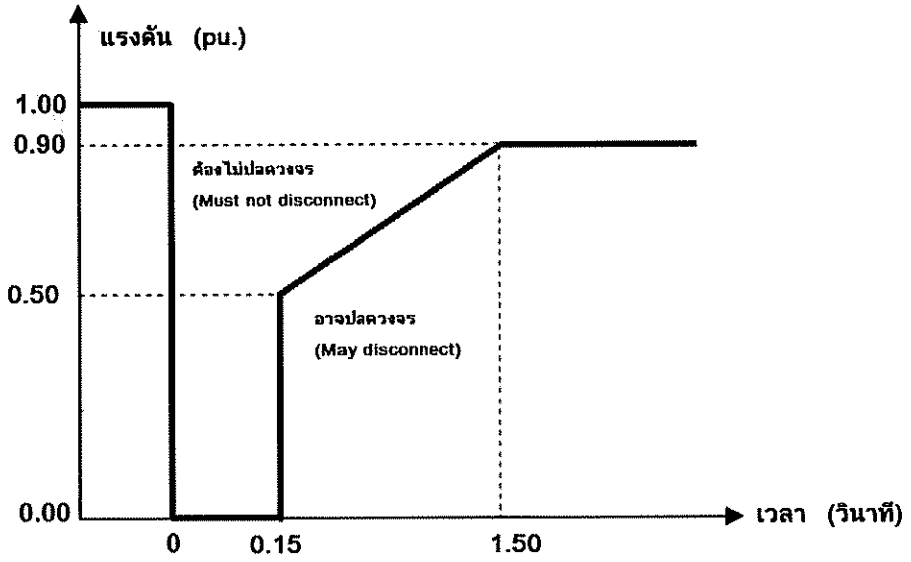
กรณีที่เกิดเหตุการณ์ผิดปกติในระบบโครงข่ายไฟฟ้าหรือเหตุการณ์ใดๆ ที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคพิจารณาแล้วเห็นว่ามีผลกระทบต่อความปลอดภัยและเสถียรภาพของระบบโครงข่ายไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะแจ้งและ/หรือสั่งการให้ปรับลดกำลังไฟฟ้าได้ตามความเหมาะสม

1.7 **ความสามารถในการทนต่อสภาวะแรงดันตกชั่วขณะ** (Low voltage fault Ride through)

ระบบผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจะต้องไม่ปลดตัวเองออกจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าภายในเวลาที่กำหนด ขณะเกิดแรงดันตกชั่วขณะในระบบโครงข่ายไฟฟ้า โดยกำหนดตามระดับแรงดัน ณ จุดต่อเชื่อมดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2. ระยะเวลาที่ระบบผลิตไฟฟ้าสามารถทนต่อสภาวะแรงดันตกชั่วขณะได้

ระดับแรงดัน ณ จุด PCC	Duration time (วินาที)
1) ระดับแรงดันต่ำ 2) ระดับแรงดันปานกลางหรือระดับแรงดันสูง (กำลังผลิตติดตั้งไม่เกิน 500 กิโลวัตต์)	ไม่ต้องการ
3) ระดับแรงดันปานกลางหรือระดับแรงดันสูง (กำลังผลิตติดตั้งมากกว่า 500 กิโลวัตต์)	ดังรูปที่ 1.



รูปที่ 1. กราฟแสดงความสามารถในการทนต่อสภาวะแรงดันตกชั่วขณะ (Low voltage fault Ride through)

1.8 การป้องกันแรงดันต่ำและแรงดันเกิน (Under and Over voltage protection)

ระบบผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจะต้องปลดวงจรออกจากระบบโครงข่ายไฟฟ้า หากขนาดของแรงดัน Line to Neutral ในระบบโครงข่ายไฟฟ้ามีค่าออกนอกช่วงที่ระบุไว้ตามตารางที่ 3. ดังนี้

ตารางที่ 3. ระยะเวลาปลดวงจรเมื่อแรงดันไม่อยู่ในช่วงแรงดันพิกัด

ระดับแรงดัน ณ จุดPCC	ระยะเวลาตัดวงจร (วินาที)
V < 50%	0.3
50% ≤ V< 90%	2.0
90% ≤ V ≤ 110%	แรงดันทำงานต่อเนื่อง
110% < V < 120%	1.0
V ≥ 120%	0.16

1.9 การป้องกันความถี่ต่ำและความถี่เกิน (Under and Over frequency protection)

ระบบผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจะต้องปลดวงจรออกจากระบบโครงข่ายไฟฟ้า ภายใน 0.1 วินาที เมื่อความถี่ที่จุดเชื่อมต่อมีค่าไม่อยู่ในช่วง 48 Hz – 51 Hz

1.10 การป้องกันการจ่ายไฟฟ้าแบบระบบไฟฟ้าแยกโดด (Anti-Islanding)

เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการจ่ายไฟแบบระบบไฟฟ้าแยกโดดในขณะที่ระบบโครงข่ายไฟฟ้าไม่มีไฟฟ้าให้ ระบบผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากปลดวงจรออกจากระบบโครงข่ายไฟฟ้า ภายใน 1 วินาที

1.11 การเชื่อมต่อกลับคืนเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้า (Response to utility recovery)

ภายหลังจากที่ระบบผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากปลดตัวเองออกจากระบบโครงข่าย ไฟฟ้า เนื่องจากเกิดไฟฟ้าดับหรือแรงดัน/ความถี่ไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด เมื่อระบบโครงข่ายไฟฟ้ากลับเข้าสู่สภาวะ ปกติแล้วระบบผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจะต้องหน่วงเวลาการเชื่อมต่อกลับเข้าสู่ระบบโครงข่าย ไฟฟ้าเป็นเวลาอย่างน้อย 20 วินาทีถึง 5 นาที

2. <u>ข้อกำหนดอื่นๆ</u>

2.1 การต่อลงดิน (Earthing), การป้องกันการลัดวงจร (Short circuit protection) และการตัดตอน และการปลดสับ (Isolation and switching) ให้เป็นไปตามมาตรฐาน IEC 60364-7-712

2.2 การจัดหาและติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า (Power quality Monitoring) ตามระเบียบการ ไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้านั้น ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก จะต้องจัดหา ออกแบบ และติดตั้งระบบ Monitoring Systems สำหรับคุณภาพไฟฟ้าที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสามารถเรียกดู ข้อมูลในรูปแบบเวลาจริง (Real time) ผ่านระบบอินเตอร์เน็ตซึ่งได้แก่ข้อมูล แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าความถี่ ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ตัวประกอบกำลัง THDv, THDi, Pst, และ Plt เป็นต้น รวมทั้งจะต้องจัดส่งรายงานผลการ ตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าจาก PQM ตามแบบฟอร์มหรือรูปแบบที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนดเป็นประจำทุกเดือน

2.3 ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้ามากกว่า 56 กิโลวัตต์ จะต้องมีระบบ Monitoring Systems ที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสามารถเรียกดูข้อมูลการผลิตไฟฟ้าในรูปแบบเวลาจริง (Real time) ผ่านระบบอินเตอร์เน็ตหรือแอพพลิเคชั่นต่างๆ ซึ่งได้แก่ข้อมูลกำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า ความเข้ม แสงอาทิตย์ อุณหภูมิ เป็นต้น

2.4 สำหรับการเชื่อมโยงในระบบจำหน่ายแรงต่ำ 380/220 โวลท์

2.4.1 ผู้ผลิตไฟฟ้าสามารถเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าแบบเฟสเดียวได้ หากมีกำลังผลิตติดตั้งไม่เกิน 5 กิโลวัตต์ ในกรณีที่ผู้ผลิตไฟฟ้าต้องการเชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเฟสเดียวหลายชุดกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า จะต้องกระจายกำลังไฟฟ้าที่จ่ายเข้าระบบโครงข่ายไฟฟ้าในแต่ละเฟสให้สม่ำเสมอ โดยยอมให้มีความแตกต่างของกำลังผลิตติดตั้งในแต่ละเฟสสูงสุดไม่เกิน 5 กิโลวัตต์

2.4.2 ปริมาณกำลังผลิตติดตั้งรวมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (หน่วยเป็นกิโลวัตต์) ของผู้เชื่อมต่อทุกราย ที่เชื่อมต่อในหม้อแปลงจำหน่ายลูกเดียวกัน ต้องไม่เกินขีดจำกัดร้อยละ 15 ของพิกัดหม้อแปลงจำหน่าย (หน่วยเป็นกิโลโวลต์-แอมแปร์)

2.5 สำหรับการเชื่อมโยงในระบบจำหน่ายแรงต่ำ 22/33 กิโลโวลท์

2.5.1 ระบบจำหน่าย 22 กิโลโวลต์ ปริมาณกำลังไฟฟ้ารวมไม่เกิน 8 เมกะวัตต์/วงจร

2.5.2 ระบบจำหน่าย 33 กิโลโวลต์ ปริมาณกำลังไฟฟ้ารวมไม่เกิน 10 เมกะวัตต์/วงจร

โดยปริมาณกำลังไฟฟ้ารวมที่รับซื้อในระบบจำหน่าย 22/33 กิโลโวลต์รวมทุกวงจร จะต้องไม่เกิน 75 เปอร์เซ็นต์ (หน่วยเป็นกิโลโวลต์-แอมแปร์) ของพิกัดสูงสุดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังแต่ละลูกของสถานีไฟฟ้า

2.6 ระบบ 115 กิโลโวลต์ ปริมาณรวมที่รับซื้อไม่เกิน 120 เมกะวัตต์/วงจร Single Conductor และไม่เกิน 230 เมกะวัตต์/วงจร Double Conductor

2.7 ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากรายใดที่ไม่ผ่านข้อกำหนดทางเทคนิคผู้ขอใช้บริการจะต้องทำการศึกษาและแก้ไขผลกระทบที่เกิดขึ้นถ้าหากมีความจำเป็นต้องมีการปรับปรุงระบบโครงข่ายไฟฟ้าผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจะต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ทั้งนี้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคขอสงวนสิทธิ์การพิจารณาอนุญาตให้เชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าเป็นรายๆ ไป

2.8 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสงวนสิทธิ์ในการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดทางเทคนิคตามความเหมาะสมเพื่อความปลอดภัยความเชื่อถือได้ของระบบโครงข่ายไฟฟ้าและผลประโยชน์ต่อส่วนรวมเป็นหลัก

3. <u>การทดสอบ</u>

3.1 สถาบันหรือหน่วยงานที่ทดสอบ

1. ระบบผลิตไฟฟ้าจะต้องผ่านการทดสอบจากห้องทดสอบที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยอมรับ
2. ห้องทดสอบจะต้องได้รับการรับรองตามมาตรฐานห้องทดสอบ ISO/IEC 17025:2005 หรือผ่านการตรวจสอบสอบจากหน่วยงาน/สถาบันที่เป็นกลางในประเทศที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยอมรับ
3. ระบบผลิตไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบจากห้องทดสอบในต่างประเทศ จะต้องได้รับการตรวจสอบและรับรองผลการทดสอบจากหน่วยงาน/สถาบัน ที่เป็นกลางในประเทศหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคก่อน

3.2 ประเภทของการทดสอบ

3.2.1 การทดสอบในห้องทดสอบ (Laboratory Test)

ทดสอบโดยหน่วยงานตามข้อ 3.1 และทดสอบเพียง 1 ตัวต่อ 1 รุ่น เพื่อยืนยันว่าหากนำมาติดตั้งใช้งานจริง จะต้องสามารถควบคุมคุณภาพไฟฟ้าและตอบสนองต่อระบบไฟฟ้าได้ตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด โดยจะต้องดำเนินการทดสอบในหัวข้อดังนี้

(1) ฮาร์มอนิก (Harmonics)

(2) แรงดันกระเพื่อม(Voltage Fluctuation)
(3) การจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC injection)
(4) การควบคุมกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (Reactive Power control) และวิธีการควบคุมกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ
(5) การควบคุมกำลังไฟฟ้า (Active power control)
(6) ความสามารถในการทนต่อสภาวะแรงดันต่ำชั่วขณะ (Low voltage fault ride through)
(7) การป้องกันแรงดันต่ำและแรงดันเกิน (Under/Over voltage protection)
(8) การป้องกันความถี่ต่ำและความถี่เกิน (Under/Over frequency protection)
(9) การป้องกันการจ่ายไฟแบบระบบไฟฟ้าแยกโดด (Anti-Islanding)
(10)การเชื่อมต่อกลับคืนเข้าสู่ระบบโครงข่าย (Response to utility recovery)

3.2.2 การตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าและการทดสอบภาคสนาม (Field Test)

การทดสอบภาคสนามและการตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าดำเนินการโดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ดังนี้

1) การทดสอบภาคสนามมีหัวข้อที่ต้องทำการทดสอบดังนี้
   (1) การป้องกันการจ่ายไฟแบบระบบไฟฟ้าแยกโดด (Anti-Islanding)
   (2) การเชื่อมต่อกลับคืนเข้าสู่ระบบโครงข่าย (Response to utility recovery)
   (3) การทดสอบปลดการเชื่อมต่อ (Load rejection)
2) การตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้ามีหัวข้อที่ต้องตรวจวัดดังนี้
   (1) แรงดัน (Voltage Level)
   (2) ความถี่ (Frequency)
   (3) ฮาร์มอนิก (Harmonics)
   (4) แรงดันกระเพื่อม (Voltage Fluctuation)

4. ขั้นตอนและวิธีการทดสอบ

4.1 การทดสอบฮาร์มอนิก

ให้อ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน IEEE หรือ IEC ที่เหมาะสมได้

4.2 การทดสอบแรงดันกระเพื่อม

ให้อ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน IEEE หรือ IEC ที่เหมาะสมได้

4.3 การทดสอบการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

ให้อ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน IEEE หรือ IEC ที่เหมาะสมได้

4.4 การทดสอบการควบคุมกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (Reactive power control)

การทดสอบการควบคุมกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ เพื่อยืนยันว่าระบบผลิตไฟฟ้าสามารถควบคุมการรับหรือจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟได้สูงสุดที่ปริมาณเท่าไร โดยมีขั้นตอนในการทดสอบอย่างน้อยดังนี้

1) ติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าตามคำแนะนำและข้อกำหนดทางเทคนิคจากผู้ผลิตอุปกรณ์นั้นๆ
2) ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้อยู่ในสภาวะการทำงานปกติของอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้า

3) เริ่มทดสอบโดยกำหนดให้ระบบผลิตไฟฟ้าจ่ายไฟที่ศูนย์เปอร์เซนต์ของพิกัดกำลังไฟฟ้า จากนั้นทำการปรับให้ระบบผลิตไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเข้าสู่ระบบจนกระทั่งได้ค่าสูงสุด และทำการบันทึกค่ากำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ, ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ได้

4) ทำการทดสอบเหมือนข้อ 3) โดยกำหนดให้ระบบผลิตไฟฟ้าจ่ายไฟที่ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 เปอร์เซนต์ของพิกัดกำลังไฟฟ้าตามลำดับ และทำการบันทึกค่ากำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ, ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ได้

5) กำหนดให้ระบบผลิตไฟฟ้าเริ่มจ่ายไฟที่ศูนย์เปอร์เซนต์ของพิกัดกำลังไฟฟ้าจากนั้นทำการปรับให้ระบบผลิตไฟฟ้ารับกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเข้าสู่ระบบจนกระทั่งได้ค่าสูงสุด และทำการบันทึกค่ากำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ, ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ได้

6) ทำการทดสอบเหมือนข้อ 5) แต่กำหนดให้ระบบผลิตไฟฟ้าจ่ายไฟที่10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 เปอร์เซนต์ของพิกัดกำลังไฟฟ้าและทำการบันทึกค่ากำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่, ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าได้

7) จากข้อ 3) ถึงข้อ 6) สามารถบันทึกผลการทดสอบอย่างน้อยดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4. ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดสอบ

P (ระบบผลิตไฟฟ้า)	P(ที่วัดได้)	±Q (สูงสุดที่วัดได้)	PF. (ที่วัดได้)
0 %			
10 %			
20 %			
30 %			
40 %			
50 %			
60 %			
70 %			
80 %			
90 %			
100 %			

ทั้งนี้สามารถอ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบตามมาตรฐานอื่นๆ ที่พิสูจน์ความสามารถในการรับหรือจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟสูงสุดตามข้อกำหนดนี้

4.4.1) การทดสอบ A fixed displacement factor cos ϴ

เพื่อยืนยันว่าระบบผลิตไฟฟ้าสามารถควบคุมการจ่ายไฟในโหมดควบคุม Power Factor แบบคงที่ได้ โดยมีขั้นตอนวิธีการทดสอบอย่างน้อยดังนี้

1) ติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าตามคำแนะนำและข้อกำหนดทางเทคนิคจากผู้ผลิตอุปกรณ์นั้นๆ

2) ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้อยู่ในสภาวะการทำงานปกติของอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้า

3) ตั้งค่าให้ระบบผลิตไฟฟ้าจ่ายไฟที่ Power Factor Setpointเท่ากับ 0.90 Lagging (หรือ 0.95 Lagging) โดยที่ระบบผลิตไฟฟ้าจ่ายไฟที่ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 เปอร์เซนต์ของพิกัดกำลังไฟฟ้าตามลำดับ

4) เริ่มทำการทดสอบและทำการบันทึกค่าที่ได้อย่างน้อยดังตารางที่ 5
5) ตั้งค่าให้ระบบผลิตไฟฟ้าจ่ายไฟที่Power Factor Setpoint เท่ากับ 0.90 Leading (หรือ 0.95 Leading) โดยที่ระบบผลิตไฟฟ้าจ่ายไฟที่ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 เปอร์เซนต์ของพิกัดกำลังไฟฟ้าตามลำดับ
6) เริ่มทำการทดสอบและทำการบันทึกค่าที่ได้อย่างน้อยดังตารางที่ 5
7) ตั้งค่าให้ระบบผลิตไฟฟ้าจ่ายไฟที่Power Factor Setpoint เท่ากับ 1.0โดยที่ระบบผลิตไฟฟ้าจ่ายไฟที่ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 เปอร์เซนต์ของพิกัดกำลังไฟฟ้าตามลำดับ
8) เริ่มทำการทดสอบและทำการบันทึกค่าที่ได้อย่างน้อยดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5. ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดสอบ

P (ระบบผลิตไฟฟ้า)	PF. (ที่กำหนด)	P(ที่วัดได้)	Q (ที่วัดได้)	PF. (ที่วัดได้)
0 %	0.90 lagging			
10 %	0.90 lagging			
20 %	0.90 lagging			
30 %	0.90 lagging			
40 %	0.90 lagging			
50 %	0.90 lagging			
60 %	0.90 lagging			
70 %	0.90 lagging			
80 %	0.90 lagging			
90 %	0.90 lagging			
100 %	0.90 lagging			

ตารางที่ 6. ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดสอบ

P (ระบบผลิตไฟฟ้า)	PF. (ที่กำหนด)	P(ที่วัดได้)	Q (ที่วัดได้)	PF. (ที่วัดได้)
0 %	0.90 leading			
10 %	0.90 leading			
20 %	0.90 leading			
30 %	0.90 leading			
40 %	0.90 leading			
50 %	0.90 leading			
60 %	0.90 leading			
70 %	0.90 leading			
80 %	0.90 leading			
90 %	0.90 leading			
100 %	0.90 leading			

ทั้งนี้สามารถอ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบตามมาตรฐานอื่นๆ ที่สามารถพิสูจน์ความสามารถในการควบคุมการจ่ายไฟในโหมด Power factor แบบคงที่ ตามข้อกำหนด

4.4.2) การทดสอบ A variable reactive power depending on the voltage Q(U)

เพื่อยืนยันว่าระบบผลิตไฟฟ้าสามารถควบคุมการจ่ายไฟในโหมดควบคุมแรงดันแบบแรงดันคงที่ได้ โดยมีขั้นตอนวิธีการทดสอบอย่างน้อยดังนี้

1) ติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าตามคำแนะนำและข้อกำหนดทางเทคนิคจากผู้ผลิตอุปกรณ์นั้นๆ
2) ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้อยู่ในสภาวะการทำงานปกติของอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้า
3) ตั้งค่าให้ระบบผลิตไฟฟ้าจ่ายไฟที่ Voltage Setpoint ดังตารางที่ 7
4) เริ่มทดสอบและบันทึกค่าที่ได้ดังตารางที่ 7
5) ตั้งค่าให้ระบบผลิตไฟฟ้าจ่ายไฟที่ Voltage Setpoint ดังตารางที่ 8

   เริ่มทดสอบและบันทึกค่าที่ได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 7. ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดสอบ

P,setpoint (%)	V,setpoint (Vac)	P (ที่วัดได้)	V_{L1} (Vac)	V_{L2} (Vac)	V_{L3} (Vac))	Q (ที่วัดได้) (Var)	Expected Q (Var)	Shifting Q (dQ)
Lower Limits								
<20	0.93Vn							
<20	0.91Vn							
20-30	0.91Vn							
40	0.91Vn							
50	0.91Vn							
60	0.91Vn							
70	0.91Vn							
80	0.91Vn							
90	0.91Vn							
100	0.91Vn							
100	0.90Vn							
100-10	0.90Vn							
10-<5	0.90Vn							

ตารางที่ 8. ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดสอบ

P,setpoint (%)	V,setpoint (Vac)	P (ที่วัดได้)	V_{L1} (Vac)	V_{L2} (Vac)	V_{L3} (Vac))	Q (ที่วัดได้) (Var)	Expected Q (Var)	Shifting Q (dQ)
Lower Limits								
<20	1.07Vn							
<20	1.09Vn							
20-30	1.09Vn							
40	1.09Vn							
50	1.09Vn							
60	1.09Vn							
70	1.09Vn							
80	1.09Vn							
90	1.09Vn							
100	1.09Vn							
100	1.10Vn							
100-10	1.10Vn							
10-<5	1.10Vn							

ทั้งนี้สามารถอ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบตามมาตรฐานอื่นๆ ที่สามารถพิสูจน์ความสามารถในการควบคุมการจ่ายไฟในโหมดควบคุมแรงดันแบบแรงดันคงที่ได้ ตามข้อกำหนด

4.5 **การทดสอบการควบคุมกำลังไฟฟ้า** (Active power control)

การทดสอบการควบคุมกำลังไฟฟ้าเพื่อต้องการตรวจสอบว่าระบบผลิตไฟฟ้าสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าได้ดังนี้

1. สามารถปรับลดกำลังไฟฟ้าได้อย่างน้อยครั้งละ 10 เปอร์เซนต์ต่อนาที
2. สามารถปรับลดกำลังไฟฟ้าทุกๆ 10 เปอร์เซนต์ของพิกัด โดยที่ระบบผลิตไฟฟ้าไม่หลุดการเชื่อมต่อกับระบบโครงขายไฟฟ้า
3. มีขั้นตอนวิธีการทดสอบดังนี้
    1) ติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าตามคำแนะนำและข้อกำหนดทางเทคนิคจากผู้ผลิตอุปกรณ์นั้นๆ
    2) ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้อยู่ในสภาวะการทำงานปกติของอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้า
    3) ตั้งค่าการควบคุมกำลังไฟฟ้าให้ปรับลดลงครั้งละ 10 เปอร์เซนต์ จาก 100 เปอร์เซนต์ของพิกัดกำลังไฟฟ้าจนกระทั่งถึงเหลือศูนย์เปอร์เซนต์ และตั้งค่าการทำงานอื่นๆ ของระบบผลิตไฟฟ้าที่ค่าการทำงานในสภาวะปกติ
    4) เริ่มทดสอบโดยให้ระบบผลิตไฟฟ้าจ่ายไฟที่ 100 เปอร์เซนต์ของพิกัดกำลังไฟฟ้าจากนั้นทำการปรับลดกำลังไฟฟ้าลงตามข้อ 3) แล้วทำการบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าและเวลาที่ระบบผลิตไฟฟ้าสามารถทำการลดกำลังไฟฟ้าได้ในแต่ละครั้ง

ทั้งนี้สามารถอ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบตามมาตรฐานอื่นๆ ที่สามารถพิสูจน์ความสามารถในการควบคุมกำลังไฟฟ้าตามข้อกำหนด

4.6 การทดสอบความสามารถในการทนต่อสภาวะแรงดันตกชั่วขณะ (Low voltage fault Ride through)

การทดสอบความสามารถในการทนต่อสภาวะแรงดันตกชั่วขณะ มีขั้นตอนวิธีการทดสอบดังนี้

1) ติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าตามคำแนะนำและข้อกำหนดทางเทคนิคจากผู้ผลิตอุปกรณ์นั้นๆ
2) ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้อยู่ในสภาวะการทำงานปกติของอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้า
3) ตั้งค่าความสามารถในการทนต่อสภาวะแรงดันตกชั่วขณะ (Low voltage fault Ride through) ของชุดอินเวอร์เตอร์ตามข้อกำหนดและตั้งค่าการทำงานอื่นๆ ของชุดอินเวอร์เตอร์ที่ค่าการทำงานปกติ
4) บันทึกค่าที่ทำการปรับตั้ง
5) เริ่มทดสอบโดยจำลองการเกิดแรงดันตก (จำลองการลัดวงจรในระบบโครงข่ายไฟฟ้า) ในระบบโครงข่ายไฟฟ้าให้คงเหลือแรงดันระหว่าง 70-80 เปอร์เซนต์, 30-50 เปอร์เซนต์และน้อยกว่า 5 เปอร์เซนต์ของแรงดันใช้งานปกติ
6) บันทึกค่าระยะเวลาสูงสุดที่ระบบผลิตไฟฟ้ายังคงสามารถเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าดังตารางที่ 9
7) แบ่งการทดสอบเป็นกรณีดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9. ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดสอบ

Test List	V (V/Vn)	Duration time (sec)
three-phase faults	0.7-0.8 Vn	
	0.3-0.5 Vn	
	0-0.049 Vn	
Phase-phase faults	0.7-0.8 Vn	
	0.3-0.5 Vn	
	0-0.049 Vn	
Single line to ground faults	0.7-0.8 Vn	
	0.3-0.5 Vn	
	0-0.049 Vn	

ทั้งนี้สามารถอ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบตามมาตรฐานอื่นๆ ที่สามารถพิสูจน์ความสามารถในการทนต่อสภาวะแรงดันตกชั่วขณะตามข้อกำหนด

4.7 การป้องกันแรงดันต่ำและแรงดันเกิน (Under and Over voltage protection)

ขั้นตอนวิธีการทดสอบ Overvoltage Test และ Undervoltage Test ต้องทำการทดสอบ Trip Time Test เป็นอย่างน้อย ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 10. ขบวนการทดสอบการตอบสนองต่อแรงดันสูงเกิน (Over voltage)

หัวข้อทดสอบ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	ขบวนการทดสอบ
Trip Time Test	(m)	(1) ติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าตามคำแนะนำและข้อกำหนดทางเทคนิคจากผู้ผลิตอุปกรณ์นั้นๆ (2) ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้อยู่ในสภาวะการทำงานปกติของอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้า (3) ตั้งค่า Overvoltage Trip Setting ที่ค่าแรงดันทดสอบ (ดูหมาเหตุ, m) และตั้งค่า setting การทำงานอื่นๆ ที่ค่าการทำงานปกติ (4) บันทึกค่าที่ทำการปรับตั้ง (5) ปรับแรงดันแหล่งจ่ายไฟฟ้า AC (ที่จำลองระบบ Utility) เพิ่มขึ้นและให้เข้าใกล้ค่าแรงดัน Overvoltage Trip Setting โดยอยู่ภายในช่วง 90% ของขนาด Overvoltage Trip Setting ขึ้นไป แต่ไม่สูงกว่า และคงไว้เป็นเวลา 2 เท่าของ Time Delay ที่ตั้งไว้หรือนานกว่า (6) ปรับแรงดันไฟฟ้าอย่างน้อยให้สูงกว่า 110% ของ Overvoltage Trip Setting และคงไว้จนกระทั่งอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าหยุดจ่ายไฟเข้าระบบ (7) บันทึกระยะเวลาที่อุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าหยุดจ่ายไฟเข้าระบบ
หมายเหตุ : m คือ จำนวนแรงดันสูงเกินที่ต้องทดสอบ 2 ครั้ง		

หมายเหตุ : สามารถอ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน IEEE หรือ IEC ที่เหมาะสมได้

ตารางที่ 11. ขบวนการทดสอบการตอบสนองต่อแรงดันต่ำเกิน (Under voltage)

หัวข้อทดสอบ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	ขบวนการทดสอบ
Trip Time Test	(m)	(1) ติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าตามคำแนะนำและข้อกำหนดทางเทคนิคจากผู้ผลิตอุปกรณ์นั้นๆ (2) ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้อยู่ในสภาวะการทำงานปกติของอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้า (3) ตั้งค่า Under voltage Trip Setting ของชุดอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าที่ค่าแรงดันทดสอบ (ดูหมายเหตุ, m) และตั้งค่า Setting การทำงานอื่นๆ ที่ค่าการทำงานปกติ (4) บันทึกค่าที่ทำการปรับตั้ง (5) ปรับแรงดันแหล่งจ่ายไฟฟ้า AC (ที่จำลองระบบ Utility) ลดลงและให้เข้าใกล้ค่าแรงดัน Under voltage Trip Setting โดยอยู่ภายในช่วง 110 % ของขนาด Under voltage Trip Setting ลงไปแต่ไม่ต่ำกว่า และคงไว้เป็นเวลา 2 เท่าของ Time Delay ที่ตั้งไว้หรือนานกว่า (6) ปรับแรงดันไฟฟ้าอย่างน้อยให้ต่ำกว่า 90% ของ Under voltage Trip Setting และคงไว้จนกระทั่งอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าหยุดจ่ายไฟเข้าระบบ (7) บันทึกระยะเวลาที่อุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าหยุดจ่ายไฟเข้าระบบ
หมายเหตุ : m คือ จำนวนแรงดันต่ำเกินที่ต้องทดสอบ 2 ครั้ง		

หมายเหตุ : สามารถอ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน IEEE หรือ IEC ที่เหมาะสมได้

4.8 การทดสอบการป้องกันความถี่ต่ำและความถี่สูง (Under and Over voltage protection)

ขั้นตอนวิธีการทดสอบ Overfrequency Test และ Underfrequency Test ต้องทำการทดสอบ Trip Time Test เป็นอย่างน้อย ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 12. ขบวนการทดสอบการตอบสนองความถี่สูงเกิน (Overfrequency)

หัวข้อทดสอบ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	ขบวนการทดสอบ
Trip Time Test	1 ครั้ง	(1) ติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าตามคำแนะนำและข้อกำหนดทางเทคนิคจากผู้ผลิตอุปกรณ์นั้นๆ (2) ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้อยู่ในสภาวะการทำงานปกติของอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้า (3) ตั้งค่า Overfrequency Trip Setting ของอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้า ที่ 51.1 Hz และตั้งค่า Setting การทำงานอื่นๆ ของอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าที่ค่าการทำงานปกติ (4) บันทึกค่าที่ทำการปรับตั้ง (5) ปรับความถี่แหล่งจ่ายไฟฟ้า AC (ที่จำลองระบบ Utility) เพิ่มขึ้นและให้เข้าใกล้ค่าความถี่ Overfrequency Trip Setting โดยให้อยู่ภายในช่วง 90% ของขนาด Overfrequency Trip Setting ขึ้นไปแต่ไม่เกิน และคงไว้เป็นเวลา 2 เท่าของ Time Delay ที่ตั้งไว้หรือนานกว่า (6) ปรับความถี่ไฟฟ้าอย่างน้อยให้สูงกว่า 101% ของ Overfrequency Trip Setting คงไว้จนกระทั่งอินเวอร์เตอร์หยุดจ่ายไฟเข้าระบบ (7) บันทึกระยะเวลาที่อินเวอร์เตอร์หยุดจ่ายไฟเข้าระบบ

หมายเหตุ : สามารถอ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน IEEE หรือ IEC ที่เหมาะสมได้

ตารางที่ 13. ขบวนการทดสอบการตอบสนองความถี่ต่ำเกิน (Underfrequency)

หัวข้อทดสอบ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	ขบวนการทดสอบ
Trip Time Test	1 ครั้ง	(1) ติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าตามคำแนะนำและข้อกำหนดทางเทคนิคจากผู้ผลิตอุปกรณ์นั้นๆ (2) ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้อยู่ในสภาวะการทำงานปกติของอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้า (3) ตั้งค่า Underfrequency Trip Setting ของอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าที่ 47.9 Hz และตั้งค่า Setting การทำงานอื่นๆ ของอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าที่ค่าการทำงานปกติ (4) บันทึกค่าที่ทำการปรับตั้ง (5) ปรับความถี่แหล่งจ่ายไฟฟ้า AC (ที่จำลองระบบ Utility) ลดลงและให้เข้าใกล้ค่าความถี่ Underfrequency Trip Setting โดยให้อยู่ภายในช่วง 110% ของขนาด Underfrequency Trip Setting ลงไปแต่ไม่ต่ำกว่า และคงไว้เป็นเวลา 2 เท่าของ Time Delay ที่ตั้งไว้หรือนานกว่า (6) ปรับความถี่ไฟฟ้าอย่างน้อยให้ต่ำกว่า 99% ของ Underfrequency Trip Setting คงไว้จนกระทั่งอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าหยุดจ่ายไฟเข้าระบบ (7) บันทึกระยะเวลาที่อุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าหยุดจ่ายไฟเข้าระบบ

หมายเหตุ : สามารถอ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน IEEE หรือ IEC ที่เหมาะสมได้

4.9 การทดสอบการป้องกันสภาวะการจ่ายไฟแบบระบบไฟฟ้าแยกโดด (Anti-Islanding)

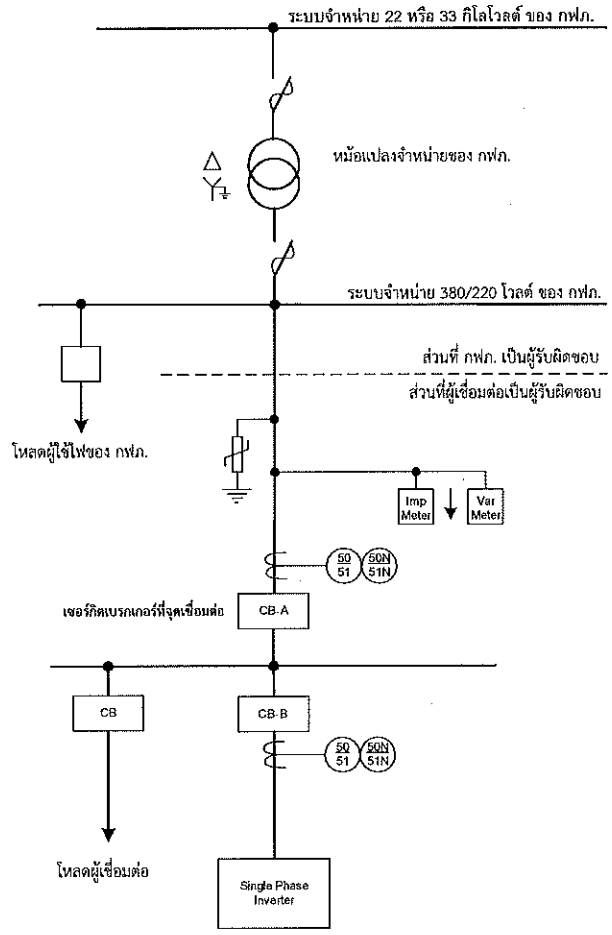
ให้อ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน IEEE หรือ IEC ที่เหมาะสมได้

4.10 การทดสอบการเชื่อมต่อกลับคืนเข้าสู่ระบบโครงข่าย (Response to utility recovery)

ให้อ้างอิงขั้นตอนวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน IEEE หรือ IEC ที่เหมาะสมได้

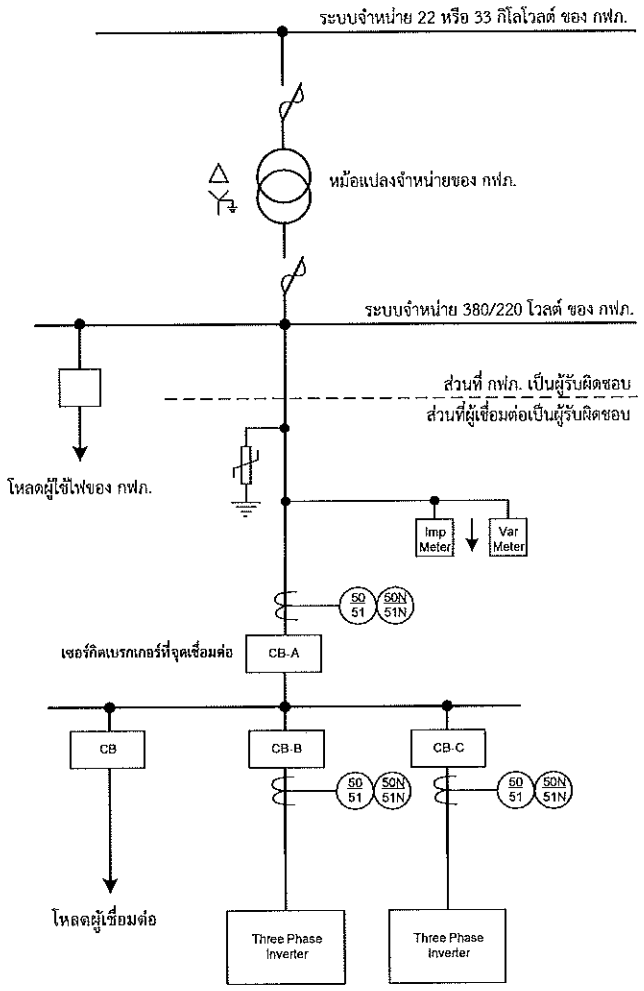
5. รูปแบบการเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

รูปแบบที่ 1. การเชื่อมต่อของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีอินเวอร์เตอร์แบบหนึ่งเฟส เชื่อมต่อกับระบบ 380/220 โวลต์ ของ กฟภ.



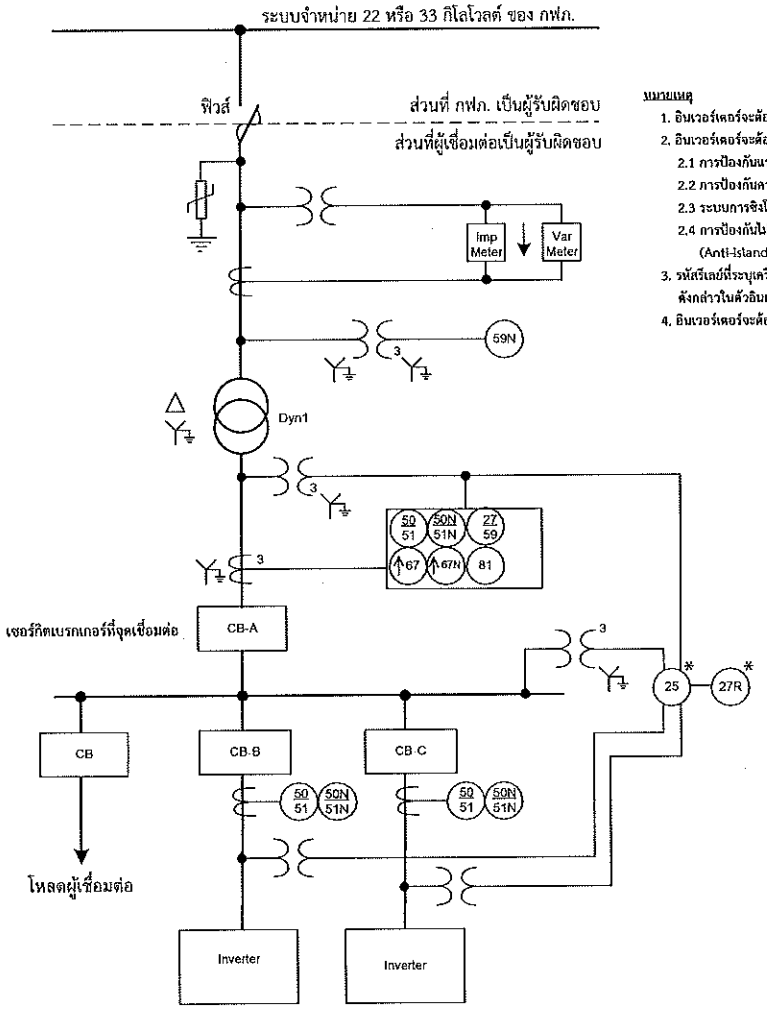
1) อินเวอร์เตอร์จะต้องมีระบบป้องกันขั้นต่ำดังนี้
   1.1 การป้องกันแรงดันต่ำ/แรงดันเกิน (27/59)
   1.2 การป้องกันความถี่ต่ำ/ความถี่เกิน (81)
   1.3 ระบบการซิงโครไนซ์ (25)
   1.4 การป้องกันไม่ให้เกิดการจ่ายไฟแบบระบบไฟฟ้าแยกโดด (Anti-islanding protection)
2) อินเวอร์เตอร์จะต้องผ่านการทดสอบตามข้อกำหนดของ กฟภ.

รูปแบบที่ 2. การเชื่อมต่อของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีอินเวอร์เตอร์แบบสามเฟส เชื่อมต่อกับระบบ 380/220 โวลต์ ของ กฟภ.



1) อินเวอร์เตอร์จะต้องมีระบบป้องกันขั้นต่ำดังนี้
   1.1 การป้องกันแรงดันต่ำ/แรงดันเกิน (27/59)
   1.2 การป้องกันความถี่ต่ำ/ความถี่เกิน (81)
   1.3 ระบบการซิงโครไนซ์ (25)
   1.4 การป้องกันไม่ให้เกิดการจ่ายไฟแบบระบบไฟฟ้าแยกโดด (Anti-islanding protection)
2) อินเวอร์เตอร์จะต้องผ่านการทดสอบตามข้อกำหนดของ กฟภ.

รูปแบบที่ 3. การเชื่อมต่อของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีอินเวอร์เตอร์ขนาดพิกัดรวมกันไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ เชื่อมต่อกับระบบ 22 หรือ 33 กิโลโวลต์ ของ กฟภ.

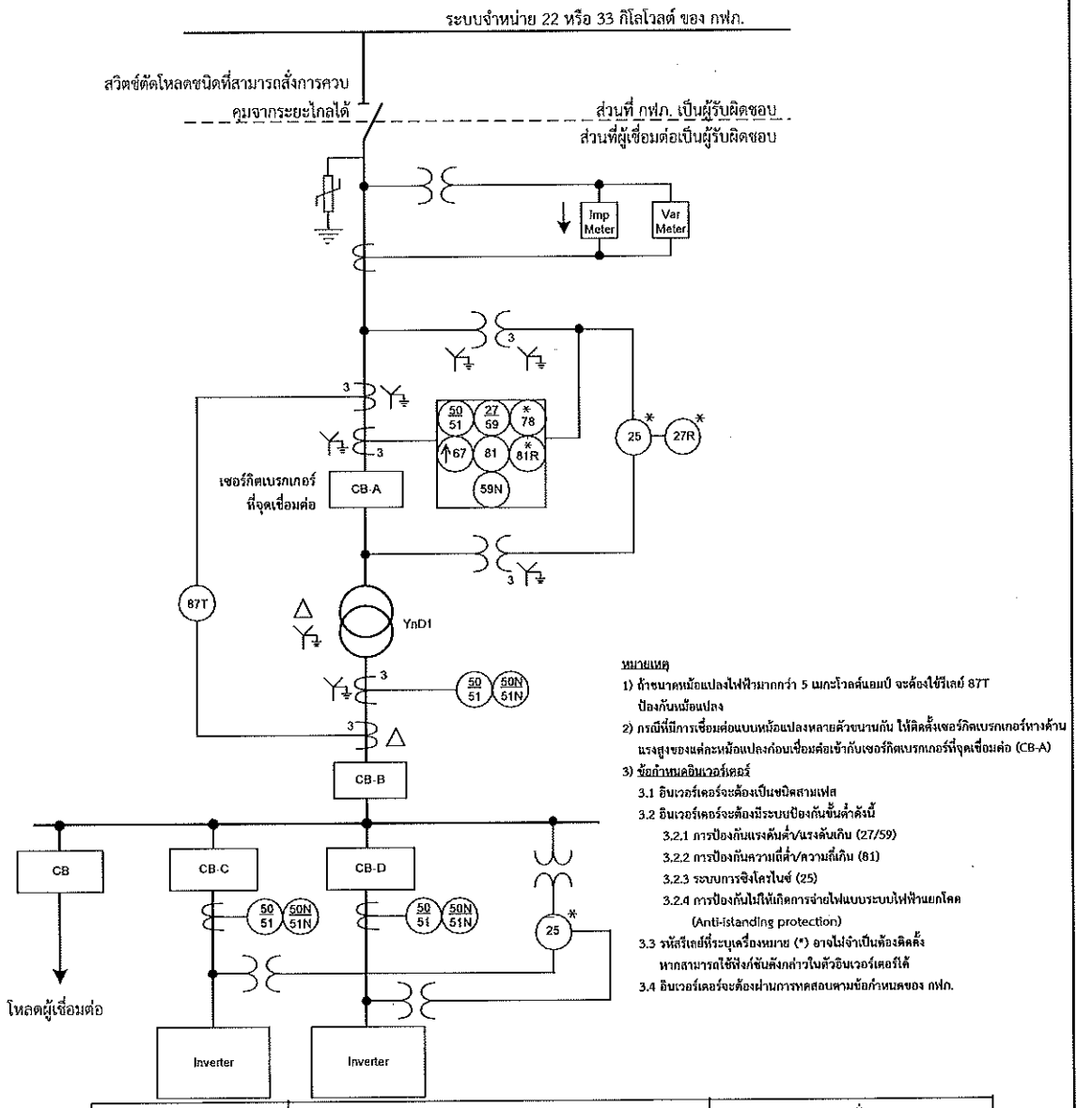


หมายเหตุ

1. อินเวอร์เตอร์จะต้องเป็นชนิดสามเฟส
2. อินเวอร์เตอร์จะต้องมีระบบป้องกันขั้นต่ำดังนี้
   - 2.1 การป้องกันแรงดันต่ำ/แรงดันเกิน (27/59)
   - 2.2 การป้องกันความถี่ต่ำ/ความถี่เกิน (81)
   - 2.3 ระบบการซิงโครไนซ์ (25)
   - 2.4 การป้องกันไม่ให้เกิดการจ่ายไฟแบบระบบไฟฟ้าแยกโดด (Anti-Islanding protection)
3. รหัสรีเลย์ที่ระบุเครื่องหมาย (*) อาจไม่จำเป็นต้องติดตั้ง หากสามารถใช้ฟังก์ชันดังกล่าวในตัวอินเวอร์เตอร์ได้
4. อินเวอร์เตอร์จะต้องผ่านการทดสอบตามข้อกำหนดของ กฟภ.

รหัสรีเลย์	รายละเอียด	คำสั่ง
25	รีเลย์ซิงโครไนซ์	ตรวจสอบการปิดวงจรของ CB-A , CB-B , CB-C
27/59	รีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำ / รีเลย์ป้องกันแรงดันเกิน	สั่งทริป CB-A
50/51 50N/51N	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินด้านเฟสและกราวด์	สั่งทริป CB-A, CB-B และ CB-C
59N	รีเลย์ป้องกันแรงดันเกินแบบแรงดันลำดับศูนย์	สั่งทริป CB-A
67/67N	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบมีทิศทางด้านเฟสและด้านกราวด์	สั่งทริป CB-A
81	รีเลย์ป้องกันความถี่ต่ำ / รีเลย์ป้องกันความถี่เกิน	สั่งทริป CB-A
27R	รีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำชณะหนึ่ง	ปิดกั้นการปิดวงจรของ CB-A
32	รีเลย์กำลังไฟฟ้าแบบมีทิศทาง	สั่งทริป CB-A

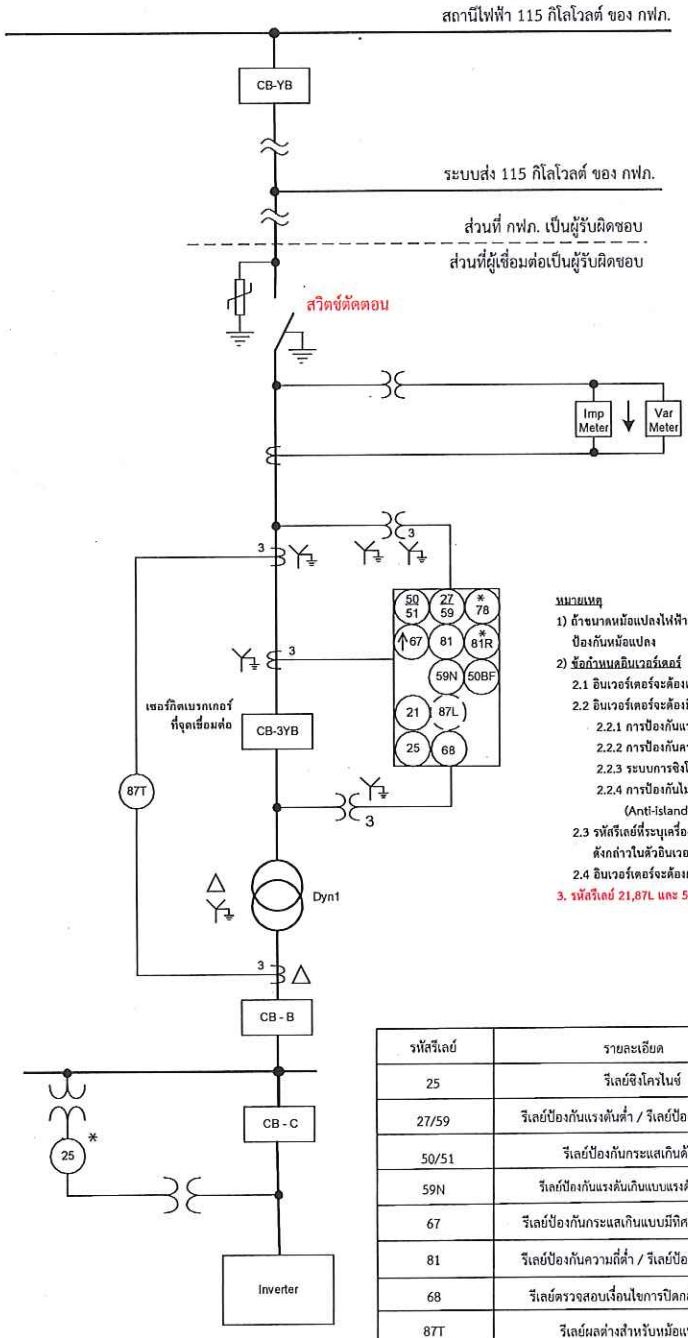
รูปแบบที่ 4. การเชื่อมต่อของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีอินเวอร์เตอร์ขนาดพิกัดรวมกันเกิน 1 เมกะวัตต์ เชื่อมต่อกับระบบ 22 หรือ 33 กิโลโวลต์ ของ กฟภ.



หมายเหตุ
1) ถ้าขนาดหม้อแปลงไฟฟ้ามากกว่า 5 เมกะโวลต์แอมป์ จะต้องใช้รีเลย์ 87T ป้องกันหม้อแปลง
2) กรณีที่มีการเชื่อมต่อแบบหม้อแปลงหลายตัวขนานกัน ให้ติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ทางด้านแรงสูงของแต่ละหม้อแปลงก่อนเชื่อมต่อเข้ากับเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่จุดเชื่อมต่อ (CB-A)
3) ข้อกำหนดอินเวอร์เตอร์
3.1 อินเวอร์เตอร์จะต้องเป็นชนิดสามเฟส
3.2 อินเวอร์เตอร์จะต้องมีระบบป้องกันขั้นต่ำดังนี้
3.2.1 การป้องกันแรงดันต่ำ/แรงดันเกิน (27/59)
3.2.2 การป้องกันความถี่ต่ำ/ความถี่เกิน (81)
3.2.3 ระบบการซิงโครไนซ์ (25)
3.2.4 การป้องกันไม่ให้เกิดการจ่ายไฟแบบระบบไฟฟ้าแยกโดด (Anti-islanding protection)
3.3 รหัสรีเลย์ที่ระบุเครื่องหมาย (*) อาจไม่จำเป็นต้องติดตั้ง หากสามารถใช้ฟังก์ชันดังกล่าวในตัวอินเวอร์เตอร์ได้
3.4 อินเวอร์เตอร์จะต้องผ่านการทดสอบตามข้อกำหนดของ กฟภ.

รหัสรีเลย์	รายละเอียด	คำสั่ง
25	รีเลย์ซิงโครไนซ์	ตรวจสอบการปิดวงจรของ CB-A , CB-C , CB-D
27/59	รีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำ / รีเลย์ป้องกันแรงดันเกิน	สั่งทริป CB-A
50/51	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินด้านเฟส	สั่งทริป CB-A
59N	รีเลย์ป้องกันแรงดันเกินแบบแรงดันลำดับศูนย์	สั่งทริป CB-A
67	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบมีทิศทางด้านเฟส	สั่งทริป CB-A
81	รีเลย์ป้องกันความถี่ต่ำ / รีเลย์ป้องกันความถี่เกิน	สั่งทริป CB-A
27R	รีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำขณะหนึ่ง	ปิดกั้นการปิดวงจรของ CB-A
87T	รีเลย์ผลต่างสำหรับหม้อแปลง	สั่งทริป CB-A และ CB-B
78 & 81R	รีเลย์ป้องกันการจ่ายไฟแบบระบบไฟฟ้าแยกโดด	สั่งทริป CB-A
32	รีเลย์กำลังไฟฟ้าแบบมีทิศทาง	สั่งทริป CB-A

รูปแบบที่ 5. การเชื่อมต่อของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีอินเวอร์เตอร์กับระบบ 115 กิโลโวลต์ ของ กฟภ.



หมายเหตุ

1) ถ้าขนาดหม้อแปลงไฟฟ้ามากกว่า 5 เมกะโวลต์แอมป์ จะต้องใช้รีเลย์ 87T ป้องกันหม้อแปลง

2) ข้อกำหนดอินเวอร์เตอร์

2.1 อินเวอร์เตอร์จะต้องเป็นชนิดสามเฟส

2.2 อินเวอร์เตอร์จะต้องมีระบบป้องกันขั้นต่ำดังนี้

2.2.1 การป้องกันแรงดันต่ำ/แรงดันเกิน (27/59)

2.2.2 การป้องกันความถี่ต่ำ/ความถี่เกิน (81)

2.2.3 ระบบการซิงโครไนซ์ (25)

2.2.4 การป้องกันไม่ให้เกิดการจ่ายไฟแบบระบบไฟฟ้าแยกโดด (Anti-islanding protection)

2.3 รหัสรีเลย์ที่ระบุเครื่องหมาย (*) อาจไม่จำเป็นต้องติดตั้ง หากสามารถใช้ฟังก์ชันดังกล่าวในตัวอินเวอร์เตอร์ได้

2.4 อินเวอร์เตอร์จะต้องผ่านการทดสอบตามข้อกำหนดของ กฟภ.

3. รหัสรีเลย์ 21,87L และ 50BF ไม่จำเป็นต้องติดตั้ง

รหัสรีเลย์	รายละเอียด	คำสั่ง
25	รีเลย์ซิงโครไนซ์	ตรวจสอบการปิดวงจร CB- 3YB and CB-C
27/59	รีเลย์ป้องกันแรงดันต่ำ / รีเลย์ป้องกันแรงดันเกิน	สั่งทริป CB-3YB
50/51	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินด้านเฟส	สั่งทริป CB-3YB
59N	รีเลย์ป้องกันแรงดันเกินแบบแรงดันลำดับศูนย์	สั่งทริป CB-3YB
67	รีเลย์ป้องกันกระแสเกินแบบมีทิศทางด้านเฟส	สั่งทริป CB-3YB
81	รีเลย์ป้องกันความถี่ต่ำ / รีเลย์ป้องกันความถี่เกิน	สั่งทริป CB-3YB
68	รีเลย์ตรวจสอบเงื่อนไขการปิดกลับวงจร	ปิดกั้นหรืออนุญาตให้ปิดกลับวงจรของ CB-3YB
87T	รีเลย์ผลต่างสำหรับหม้อแปลง	สั่งทริป CB-3YB , CB-B
50BF	รีเลย์ป้องกันเซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานผิดปกติ	ส่งสัญญาณเตือน CB-3YB
78 & 81R	รีเลย์ป้องกันการจ่ายไฟแบบระบบไฟฟ้าแยกโดด	สั่งทริป CB-3YB
32	รีเลย์กำลังไฟฟ้าแบบมีทิศทาง	สั่งทริป CB-3YB

ทั้งนี้ในกรณีที่ไม่มีรูปแบบการเชื่อมต่อและอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสมการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคขอสงวนสิทธิ์การพิจารณารูปแบบการเชื่อมต่อให้เป็นไปตามระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าที่มีผลบังคับใช้ ณ ขณะนั้น หรือรูปแบบการเชื่อมต่อที่เหมาะสมเป็นรายๆ ไป