การทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
(Generator Performance Test)

ธัมรัต พรหมเพ็ญรังษี

เลขาธิการ

สมาคมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไทย

กรรมการผู้จัดการ บริษัท นอร์ธพลัส จำกัด

13 พฤศจิกายน 2563

Content

- การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน (Acceptance test)
- การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าระหว่างใช้งาน (Operational Test)

GEN THAI

การทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน (Acceptance test)

- สำหรับอาคารทั่วไป
- สำหรับอาคารสนามบิน
- สำหรับสถานพยาบาล
- สำหรับดาตาเซนเตอร์

การทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน (Acceptance test)

GEN THAI

- การทดสอบสามารถทำได้ที่สถานที่ติดตั้ง หรือ ที่อื่น ตามที่ตกลงกันระหว่างผู้ใช้งานกับผู้ผลิต
- ทดสอบทั้งด้านสมรรถนะในการจ่ายไฟฟ้า และ ฟังก์ชั่นการทำงาน
- โหลดต่างๆ ในอาคารอาจเป็นส่วนหนึ่งหรือเป็นโหลดทั้งหมดในการทดสอบ
- กรณีที่ โหลดอาคารมีไม่เพียงพอตามกำหนด ให้จัดหาโหลดเทียม (Load Bank) มาเสริมจนครบ
- กรณีที่สถานที่ติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่มีบรรยากาศแวดล้อมแตกต่างจากมาตรฐานกำหนด และทำให้พิกัดกำลังลดลง ให้ทดสอบที่พิกัดกำลังที่ลดลงแล้ว

การทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน (Acceptance test)

GEN THAI

ลำดับขั้นตอนในการทดสอบ (Typical sequence of testing)

การทดสอบระดับที่ 1

Factory test เพื่อออก Cert. โดยผู้ผลิตก่อนการจัดส่งมาสถานที่ติดตั้งจริง

การทดสอบระดับที่ 2

ทดสอบการทำงาน (Start-up) เมื่อติดตั้งเสร็จที่สถานที่ติดตั้งจริง โดยผู้ผลิต หรือผู้ขาย

การทดสอบระดับที่ 3

ทดสอบและปรับแต่งระบบในแต่ละ Module อย่างอิสระต่อกัน ล่วงหน้าก่อนการทดสอบระบบทั้งหมดอย่างสมบูรณ์

การทดสอบระดับที่ 4

มี 2 ขั้นตอน

- ทดสอบการทำงานของระบบ (System function testing)

  ทดสอบการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ เช่น ระหว่าง Gen ขนานกัน หรือ Gen กับ UPS เป็นต้น

- ทดสอบการใช้งานของระบบ (System operational testing)

  ทดสอบระบบที่ทำการติดตั้งอย่างสมบูรณ์มีการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟปกติ เป็นการทดสอบล่วงหน้าก่อนทดสอบระบบประกอบอาคารทั้งหมด

ทำการฝึกอบรมการใช้งานและบำรุงรักษาระบบ

การทดสอบระดับที่ 5

ทดสอบร่วมกับระบบประกอบอาคารทั้งหมด จำลองสถานการณ์การเกิดเหตุต่าง ๆ เช่น การใช้งานปกติ การใช้งานในเหตุการณ์ไม่ปกติ การใช้งานช่วงบำรุงรักษา เป็นต้น การทดสอบนี้จะนำมาทำ Load profile เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ

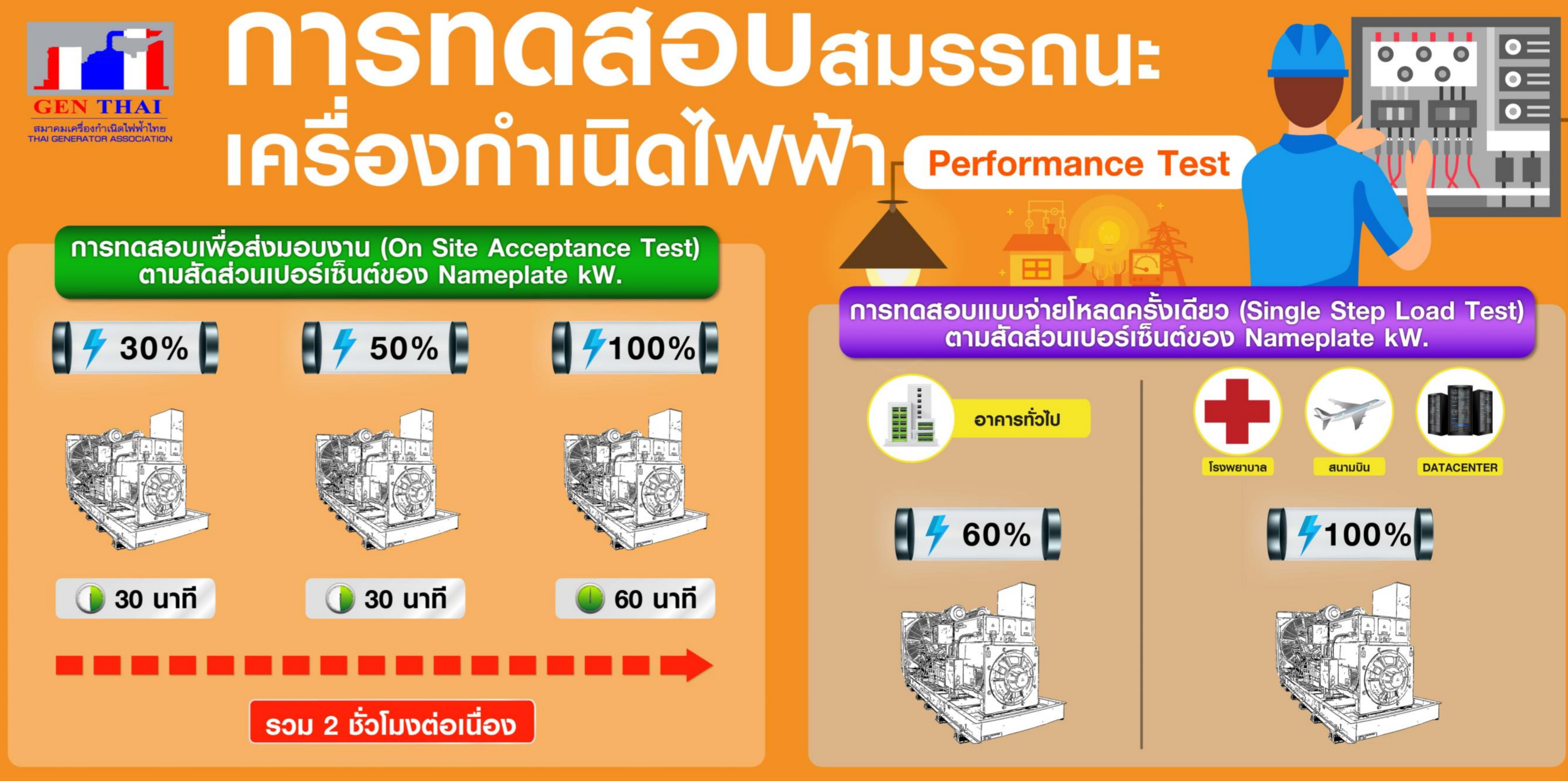
การทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
เพื่อส่งมอบงาน
สำหรับอาคารทั่วไป/สนามบิน/สถานพยาบาล
(Acceptance test for
General building/Aerodrome/Health Care)

การทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน (Acceptance test)

GEN THAI

เอกสารที่ต้องจัดเตรียมในการส่งมอบงาน

- หลักฐานการทดสอบเครื่องต้นแบบ (prototype test) ที่ระบุขนาดพิกัดกำลังพร้อมชุดควบคุมและอุปกรณ์ป้องกันการเกิดความเสียหายจากการรบกวนปกติและไม่ปกติในภาวะการใช้งานโหลดจริง
- เอกสารรับรองการตรวจสอบความสามารถในการรองรับการสั่นสะเทือนจากแรงบิดที่เกิดจากการทำงานของเครื่องต้นกำลังและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- จดหมายยืนยันจากผู้จำหน่ายในการปฏิบัติตามที่กำหนดในมาตรฐานและสมรรถนะของเครื่องที่ติดตั้งใช้งานเป็นไปตามวัตถุประสงค์
- หนังสือรับรองจากผู้ผลิต (manufacturer's certification) ในการทดสอบเครื่องตามขนาดพิกัดกำลัง ณ ค่าตัวประกอบกำลังพิกัด (rated power factor) พร้อมบันทึกค่าอุณหภูมิแวดล้อม (ambient temperature) ขณะทดสอบ ระดับความสูงที่ทดสอบ (altitude) และระดับคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ (fuel grade)



*** วสท.112002-59*

www.genthai.or.th

การทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน (Acceptance test)

GEN THAI

การทดสอบแบบจ่ายโหลดครั้งเดียว (Single Step Load Test)

- อาคารทั่วไป ให้จ่ายโหลด 60% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์ (Name plate kW) ให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Single Step Load) ทันที
- อาคารสนามบินและสถานพยาบาล ให้จ่ายโหลด 100% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์ (Name plate kW) ให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Single Step Load) ทันที

ให้ทดสอบ ณ สถานที่ใช้งานจริงทันทีหลังจากการ cool down ไม่น้อยกว่า 5 นาที ภายหลังการทดสอบ 2 ชั่วโมงต่อเนื่อง

****จะต้องกลับเข้าสู่สภาวะปกติภายใน 15 วินาที****

การทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน

GEN THAI

COP or PRP or ESP (Acceptance test)

ขนาดของเครื่องยนต์ต้นกำลัง ?

$$kWm = (kWe/Gen\ eff.) + Coupling\ Loss\ (kW\ or\ HP)$$

$$= (bmep \times s \times A \times w \times N)/K \quad (kW\ or\ HP)$$

ค่าคงที่

ปริมาตรกระบอกสูบ

kWm = Prime mover power (kW or HP)

kWe = Gen out put power (kW)

bmep = Break mean effective pressure (Bar or kPa or psi)

s = ระยะชัก (cm หรือ ฟุต)

A = พื้นที่ลูกสูบ (ตร.ซม. หรือ ตร.น.)

w = จำนวนการจุดระเบิด ต่อนาที หรือต่อวินาที (เช่น การจุดระเบิดต่อนาที กรณีเครื่องยนต์ 2 จังหวะ = rpm, กรณีเครื่องยนต์ 4 จังหวะ = rpm/2)

N = จำนวนกระบอกสูบของเครื่องยนต์ (เช่น 4 สูบ หรือ 6 สูบ)

K = 1000 เมื่อหน่วยเป็น kW , K = 33,000 เมื่อหน่วยเป็น HP

การทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน

GEN THAI

(Acceptance test)

ขนาดของเครื่องยนต์ต้นกำลัง ?

kWm = (bmep x s x A x *w* x *N*)/*K* (kW or HP)

เปลี่ยนตาม kWe

COP/PRP/ESP

K/(*w* x *N*) = *K1*

ปริมาตรกระบอกสูบ

bmep = (kWm x K1)/(s x A)

Medium Speed Engine (400-1000 rpm)	bmep 20-22 bar
High Speed Engine (> 1000 rpm)	bmep 14-27 bar

As Specified by Manufacturer

การทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน (Acceptance test)

Load Acceptance Performance

- Non-Turbocharge Engine

  Accept full load in one step

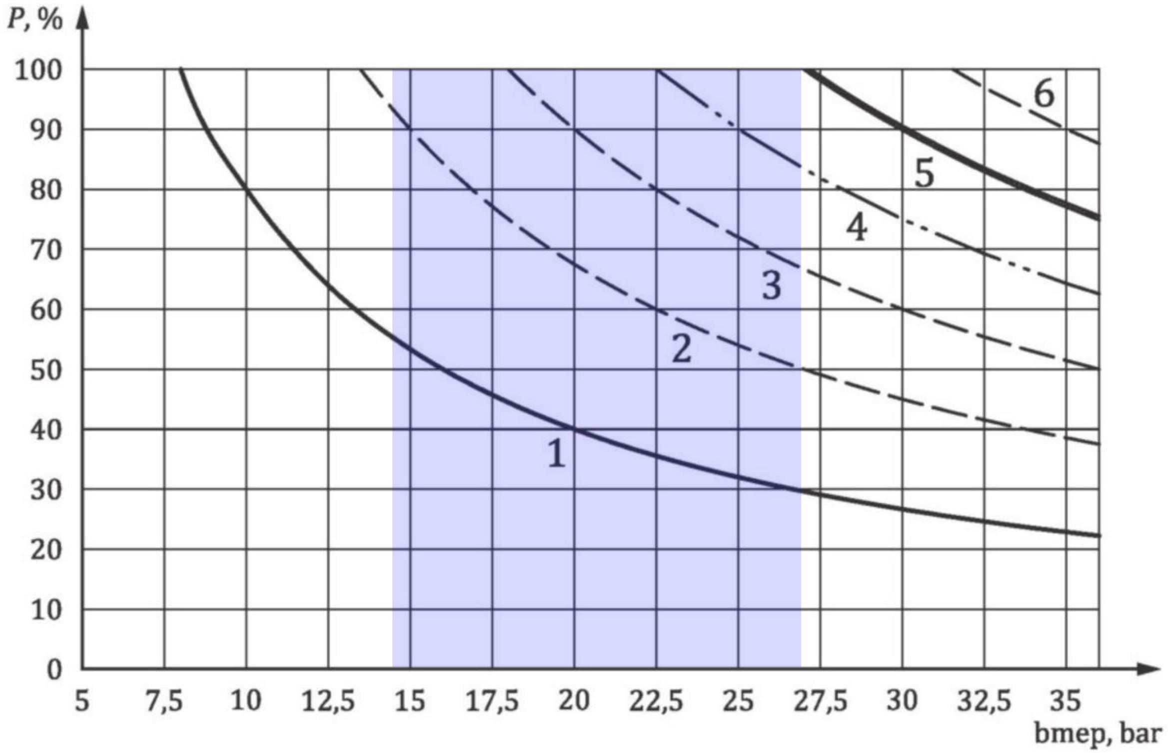
  (typical bmep 7-8 bar)

- Turbocharge Engine

  Limited by bmep , declared to ISO 8528-5

  (typical bmep 14-27 bar)

  (warm engine condition)



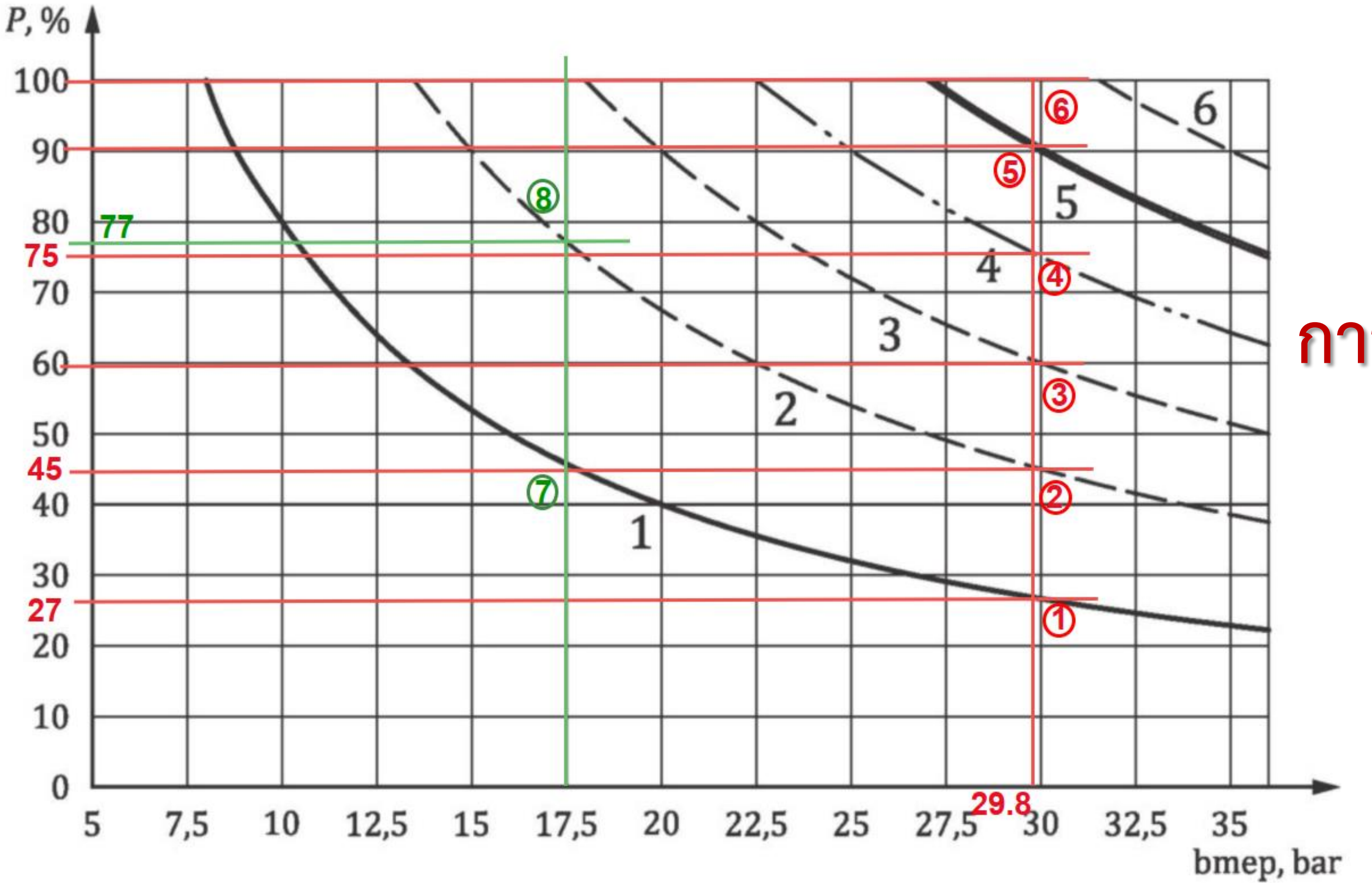
Key

bmep	brake mean effective pressure of declared power in bar
P	power increase referred to declared power at site conditions
1	first power stage
2	second power stage
3	third power stage
4	fourth power stage
5	fifth power stage
6	sixth power stage

ISO 8528-5 :2018

GEN THAI

การทดสอบแบบจ่ายโหลดครั้งเดียว
(Single Step Load Test)



** ISO 8528-5 (2018)

Key

bmep	brake mean effective pressure of declared power in bar
P	power increase referred to declared power at site conditions
1	first power stage
2	second power stage
3	third power stage
4	fourth power stage
5	fifth power stage
6	sixth power stage

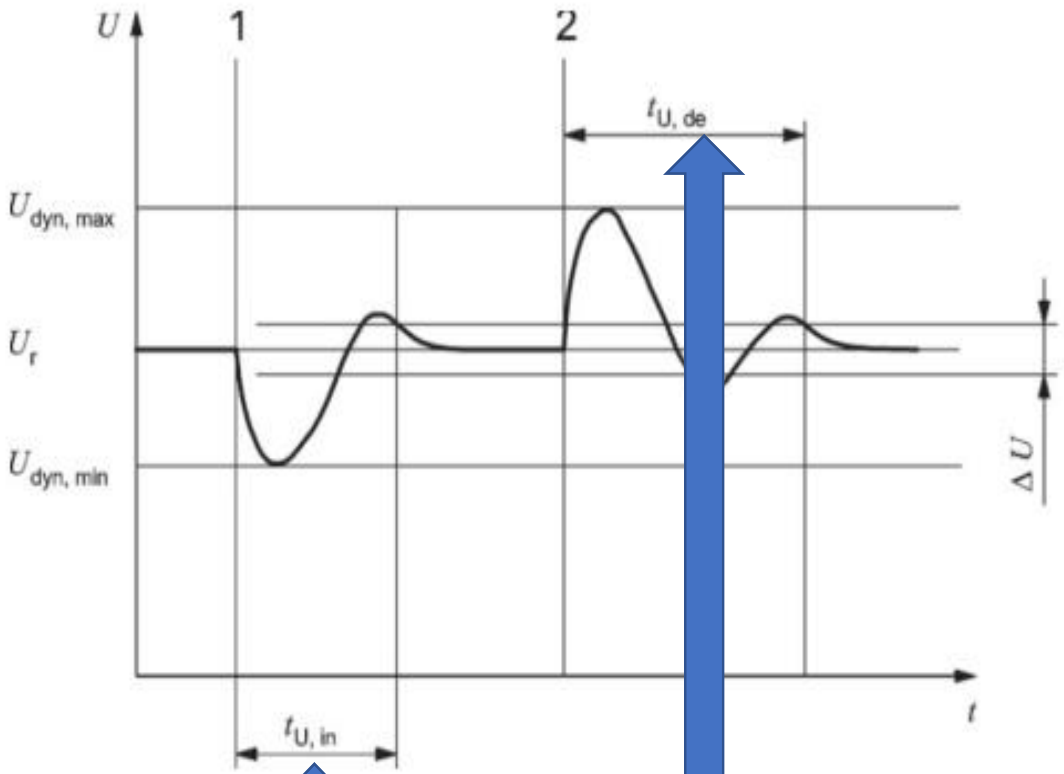
A

BMEP gross		
Prime Power	bar/kPa	26,8 / 2682,7
Stand-by Power	bar/kPa	29,8 / 2980,7

B

	STANDBY 60 hz	STANDBY 50 hz	PRIME POWER 60 hz	PRIME POWER 50 hz
Governed Engine Speed — rpm		1500		1500
Engine Idle Speed — rpm		575 - 650		575 - 650
Gross Engine Power Output — BHP (kW_m)		820 (612)		750 (560)
Brake Mean Effective Pressure — psi (kPa)		254 (1751)		232 (1599)

(17.5 bar)



Key

t Time

U Voltage

1 Power increase

2 Power decrease

ISO 8528-5 :2018

Figure 5 — Transient voltage characteristics without quadrature-current compens voltage droop

Table 4 — Performance class operating limit values

Parameter		Symbol	Unit	Operating limit valu: Performance class G1	G2	G3	G4
Frequency droop		δf_{st}	%	≤ 8	≤ 5	≤ 3 [r]	AMC [a]
Steady-state frequency band		β_f	%	≤ 2,5	≤ 1,5 [b]	≤ 0,5	AMC
Related range of downward frequency setting		$\delta f_{s,do}$	%	> (2,5 + δf_{st})			AMC
Related range of upward frequency setting		$\delta f_{s,up}$	%	> + 2,5 [c]			AMC
Rate of change of frequency setting		v_f	%/s	0,2 to 1			AMC
Transient frequency difference from initial frequency	100 % sudden power decrease [p]	δf_d	%	≤ + 18	≤ + 12	≤ + 10	AMC
	sudden power increase [d,e,q]			≤−(15 + δf_{st}) [d]	≤−(10 + δf_{st}) [d]	≤−(7 + δf_{st}) [d]	
Transient frequency deviation from rated frequency	100 % sudden power decrease [p]	δf_{dyn}	%	≤ + 18	≤ + 12	≤ + 10	AMC
	sudden power increase [d,e,q]			≤ − 15 [d]	≤ − 10 [d]	≤ − 7 [d]	
				≤ − 25 [e]	≤ − 20 [e]	≤ − 15 [e]	
Frequency recovery time		$t_{f,in}$	s	≤ 10 [f]	≤ 5 [f]	≤ 3 [f]	AMC
		$t_{f,de}$		≤ 10 [d]	≤ 5 [d]	≤ 3 [d]	
Transient voltage deviation	100 % sudden power decrease	δU^{+}_{dyn}	%	≤ + 35	≤ + 25	≤ + 20	AMC
	sudden power increase [d,e]	δU^{-}_{dyn}		≤ − 25 [d]	≤ − 20 [d]	≤ − 15 [d]	
Voltage recovery time [j] (see Figure 5)		$t_{U,in}$	s	≤ 10	v 6	≤ 4	AMC
		$t_{U,de}$		≤ 10 [d]	≤ 6 [d]	≤ 4 [d]	
Voltage modulation [k,l] (see Figure 11)		$\hat{U}_{mod,s}$	%	AMC	0,3 [m,n]	0,3 [n]	AMC
Active power sharing [o]	between 80 % and 100 % of the nominal rating	ΔP	%	—	≤ + 5	≤ + 5	AMC
	between 20 % and 80 % of the nominal rating				≤ + 10	≤ + 10	AMC

EQUIPMENT	VOLTAGE	FREQUENCY	COMMENTS
Induction Motors	+/– 10%	+/– 5%	Low voltage results in low torque and increased temperature. High voltage results in increased torque and starting amps.
Coils, Motor Starters%	+/–10	N/A	The holding force of a coil and its time constant of decay are proportional to the ampere–turns of the coil. Smaller coils may drop out within these tolerances for transient dip. A transient voltage dip of 30 to 40 percent for more than two cycles may cause coil dropout.
Incandescent Lighting	+10%, –25%	N/A	Low voltage results in 65% light. High voltage results in 50% life. Low frequency may result in light flicker.
Fluorescent Lighting	+/– 10%	N/A	High voltage results in overheating.
HID Lighting	+10%, –20%	N/A	Low voltage results in extinguishment. High voltage results in overheating.
Static UPS	+10%, –15%	+/– 5%	No battery discharge down to –20% voltage. UPS are sensitive to a frequency change rate (slew rate) greater than 0.5 Hz/sec. Oversizing of the generator may be necessary to limit harmonic voltage distortion.
Variable Frequency Drives (VFD)	+10%, –15%	+/– 5%	VFD are sensitive to a frequency change rate greater than 1 Hz/sec. Oversizing of the generator may be necessary to limit harmonic voltage distortion.
If voltage does not recover to 90 percent, undervoltage protective devices may lockout, overcurrent devices may interrupt, reduced voltage starters may lockout or step and motors may stall or not have acceptable acceleration.			

Table 3–9. Typical Voltage and Frequency Tolerances

GEN THAI

การทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน (Acceptance test)

GEN THAI

การทดสอบ Function Test

ให้ทำภายหลัง Load test เสร็จเรียบร้อยมีรายละเอียดและขั้นตอนดังนี้

- ให้ทำการดับไฟฟ้าปกติเสมือนไฟฟ้าปกติดับหรือขัดข้อง
- บันทึกช่วงเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้รับคำสั่งสตาร์ท (Time Delay On Start)
- บันทึกช่วงเวลาตั้งแต่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเริ่มสตาร์ทจนสตาร์ทติด (The Cranking Time Until The Prime Mover Starts and Runs)
- บันทึกช่วงเวลาตั้งแต่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสตาร์ทติดจนถึงความเร็วรอบใช้งาน (The Time Taken to Reach Operating Speed)

การทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน (Acceptance test)

GEN THAI

การทดสอบ Function Test (ต่อ)

- บันทึกช่วงเวลา (Transfer Time) ที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้ในการเข้าสู่สภาวะคงที่และสวิทซ์ถ่ายโอนแหล่งจ่ายไฟถ่ายจากตำแหน่งรับกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าปกติ (Normal Source) ไปรับกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Stand by Generator Source)
- ระยะเวลาการสับเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟจาก แหล่งจ่ายไฟปกติ ไปยังแหล่งจ่ายไฟสำรอง เป็นดังนี้
  - อาคารทั่วไปไม่เกิน 15 วินาที
  - อาคารสนามบิน/สถานพยาบาล/อาคารดาตาเซนเตอร์ ไม่เกิน 10 วินาที

การทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน (Acceptance test)

GEN THAI

การทดสอบ Function Test (ต่อ)

- บันทึกอัตราการประจุแบตเตอรี่ (The Battery Charge Rate) หรือแรงดันแบตเตอรี่ ระยะแรกทุกๆ 5 นาทีของช่วงเวลา 15 นาที และต่อไปทุกๆ 15 นาที
- เมื่อกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าปกติ กลับมาตามปกติให้บันทึกช่วงเวลาที่สวิทซ์ถ่ายโอนแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากตำแหน่งรับกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามาเป็นรับกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าปกติ สวิทซ์แต่ละตัวจะตั้งเวลาไว้ต่ำที่สุด 5 นาที
- บันทึกช่วงเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองระบายความร้อน (Cool down) และดับเองโดยอัตโนมัติ (Shutdown)

การทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน (Acceptance test)

GEN THAI

ถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองติดตั้งแบบขนาน (Paralleled) หลาย ๆ ชุด

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองแต่ละชุดจะต้องทดสอบสมรรถนะแยกแต่ละชุด ตามขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองชุดนั้น ๆ

ระบบป้องกันต่าง ๆ

จะต้องถูกทดสอบตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อส่งมอบงานสำหรับดาตาเซนเตอร์ (Acceptance test for Datacenter)

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงานสำหรับดาตาเซนเตอร์ (Acceptance test for Datacenter)

GEN THAI

ขอบเขตในการทดสอบ (Scope)

การทดสอบสมรรถนะตามขั้นตอนในหมวดนี้อย่างน้อยจะต้องดำเนินการตามรายการดังต่อไปนี้

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องเดี่ยว

- ทดสอบการจ่ายโหลดเต็มพิกัด 4 ชม.ต่อเนื่อง
- วัดค่า THD (Total Harmonic Distortion) ด้านขาออก
- วัด Voltage Regulation
- การตอบสนองในการเพิ่มโหลดทันที (Step Load Transient response)
- การตอบสนอง 100% Block Load

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดินขนานกัน

- วัด Load Sharing
- วัด Voltage Regulation
- การตอบสนองกรณีเกิดความผิดพร่องในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการเพิ่มโหลดทันที (DG Fault off and restore transient)

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน สำหรับดาตาเซนเตอร์

(Acceptance test for Datacenter)

GEN THAI

Emergency Generator System

- Full Load Test or Heat Run Test
- Infrared Scan
- Steady State Tests
- Transient Response Test
- 100% Block Load Test

ยอมให้ใช้ผลการทำ Type test ของ prototype มาแทนได้

ในขณะทำการทดสอบ หากมีสัญญานเกิดเหตุฉุกเฉินแจ้งมาจาก ATS ชุดใดชุดหนึ่ง โหลดเทียมจะต้องหยุดทำงาน อุปกรณ์ตัดวงจรของโหลดเทียมต้องเปิดวงจร และระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต้องกลับมาสู่หมวดการทำงานอัตโนมัติ

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงานสำหรับดาตาเซนเตอร์

(Acceptance test for Datacenter)

ความต้องการในการทดสอบ (Requirements)

- ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต้องได้รับการปรับแต่งระบบให้สอดคล้องตามคำแนะนำของผู้ผลิตและต้องเป็นไปตามข้อกำหนดต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
- เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละชุด จะต้องสามารถรองรับ 100% Block Load ได้และกลับคืนสู่สภาวะปกติ (Recovery Time) ทั้งแรงดันและความถี่ไฟฟ้าภายใน 15 วินาที
- อุปกรณ์สวิทซ์เกียร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต้องได้รับการปรับแต่งระบบให้สอดคล้องตามคำแนะนำของผู้ผลิตและต้องเป็นไปตามข้อกำหนดต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
- หากมีการต่อขนานจะต้องสามารถต่อขนานและแบ่งจ่ายโหลด (Load Sharing) เมื่อโหลดอยู่ในช่วง 25-100% ของโหลดในระบบ โดยการจ่ายกำลังไฟฟ้าของแต่ละชุดต้องต่างกันไม่เกิน 5% ของกำลังที่จ่ายโดยแต่ละชุดในขณะนั้น
- ต้องจัดเตรียมโหลดเทียมที่มีขนาดเต็มพิกัดกำลังของระบบที่จะทำการทดสอบ
- ไม่อนุญาตให้มีกิจกรรมอื่นนอกเหนือจากการทดสอบนี้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ในพื้นที่ที่ทำการทดสอบระบบ

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงานสำหรับดาตาเซนเตอร์ (Acceptance test for Datacenter)

การทดสอบการจ่ายโหลด (Load test หรือ Heat run)

ให้ทำการทดสอบอย่างต่อเนื่องดังนี้ :-

1) เดินเครื่องจ่ายโหลด 100% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง ต่อเนื่อง
2) หากมีการลดทอนกำลังพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เนื่องจากเงื่อนไขของหน่วยงานติดตั้ง ให้ทดสอบเต็มกำลังพิกัดกิโลวัตต์ที่ลดทอนแล้ว

การบันทึกข้อมูล

- บันทึกข้อมูลต่างๆครั้งแรกและทุกๆ 15 นาที
- โดยหากมีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ให้บันทึกทุก ๆ นาที
- อัตราส่วนการประจุแบตเตอรี่หรือแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ให้บันทึกระยะแรกทุกๆ 5 นาทีของช่วงเวลา 15 นาที และต่อไปทุกๆ 15 นาที

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน-ดาตาเซนเตอร์ (Acceptance test for Datacenter)

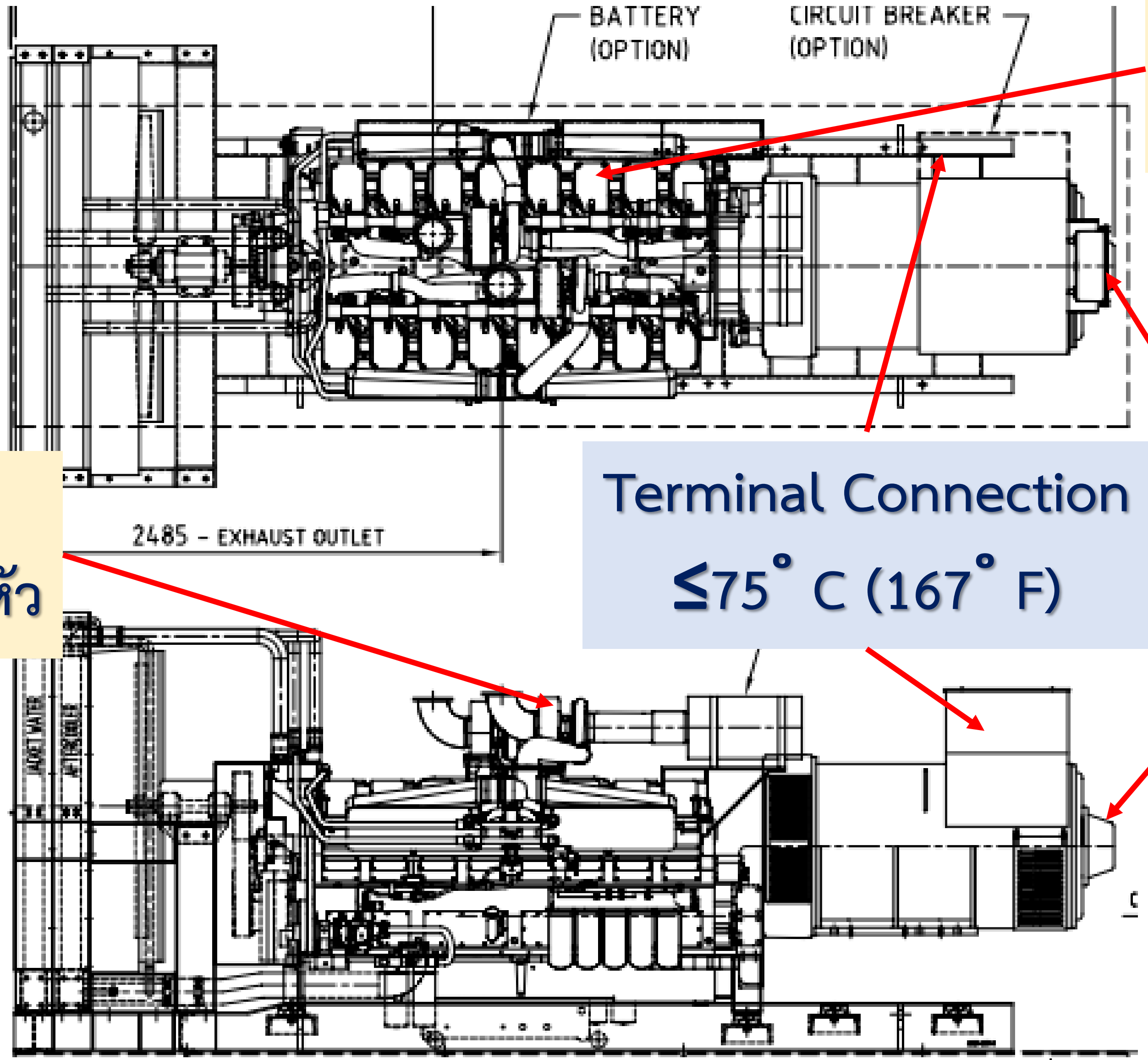
GEN THAI

อินฟราเรดสแกน (Infrared Scan)

1) ที่เครื่องยนต์ต้นกำลังเมื่อจ่ายโหลดเต็มพิกัดกำลังกิโลวัตต์ (Full Load) แล้วเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง
2) ที่หัวสูบ (Cylinder Head) ที่จุดเดียวกันของแต่ละหัว ค่าที่ได้ต้องต่างกันไม่เกิน 2.5˚ c (4.5˚F)
3) ที่หัวเทอร์โบทุกตัวและอุณหภูมที่ได้จะต้องสม่ำเสมอกัน
4) ที่ขั้วต่อสายเมนไฟฟ้า (Terminal Connection) อุปกรณ์ตัดวงจร (Circuit Breaker,CB) ระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับโหลดเทียม เมื่อจ่ายโหลดเต็มพิกัดอย่างน้อย 15 นาที และทำการบันทึกค่า ซึ่งอุณหภูมิที่ขั้วต่อสาย (Terminal Connection) จะต้องไม่เกิน 75˚ C (167˚F)
5) ที่ Bearing Housing และทำการบันทึกค่า ซึ่งอุณหภูมิที่ Bearing Housing จะต้องไม่เกิน 70˚ C (158˚ F)
6) ทำซ้ำขั้นตอนทั้งหมดอีกครั้งหลังจากทำการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปแล้ว 3 ชั่วโมง หากเกิดเหตุการที่ไม่ปกติขึ้นจะต้องทำการบันทึกและแจ้งต่อวิศวกรที่รับผิดชอบ

****ดำเนินการที่สถานประกอบเครื่อง หรือ โรงงานผู้ผลิต หรือ นำผลทดสอบเฉพาะแบบของเครื่องต้นแบบรุ่นและขนาดเดียวกันมาใช้เป็นผลการทดสอบได้****

อินฟราเรดสแกน (Infrared Scan)



Cylinder Head

ต่างกัน ≤2.5° C (4.5° F)

Turbo Head

อุณหภูมิสม่ำเสมอทุกหัว

Terminal Connection

≤75° C (167° F)

Bearing Housing

≤70° C (158° F)

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน-ดาตาเซนเตอร์ (Acceptance test for Datacenter)

GEN THAI

การทดสอบความเสถียร (Steady state test)

- ทำการสตาร์ทเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ใส่โหลดเต็มพิกัดกำลังกิโลวัตต์ (100% rated kW load)
- ลดโหลดลงเหลือ 50% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์ (50% rated kW load)
- ปลดโหลดทั้งหมดออก

บันทึกข้อมูล แรงดันไฟฟ้าขาออก (output voltage) กระแสขาออก ความถี่ และฮาร์โมนิคที่เกิดขึ้นในขณะที่จ่ายโหลดและไร้โหลดนั้น

****ดำเนินการที่สถานประกอบเครื่อง หรือ โรงงานผู้ผลิต หรือ นำผลทดสอบเฉพาะแบบของเครื่องต้นแบบรุ่นและขนาดเดียวกันมาใช้เป็นผลการทดสอบได้****

การทดสอบความเสถียร (Steady state test)

Start Gen จนได้รอบ/V/F

G

ปลด Load 50%

kW name plate

Load 0%

บันทึกค่า Out-put

บันทึกค่า Out-put

บันทึกค่า Out-put

- แรงดันไฟฟ้าขาออก
- กระแสขาออก
- ความถี่
- ฮาร์โมนิค

ที่เกิดขึ้นในขณะไร้โหลดนั้น

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน-ดาตาเซนเตอร์ (Acceptance test for Datacenter)

GEN THAI

การทดสอบการตอบสนองชั่วครู่ (Transient response test)

- ใส่โหลด 50% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์ในครั้งเดียว ในขณะที่ทำงานในสภาวะไร้โหลด
- ใส่โหลดอีก 50% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์ที่เหลือในครั้งเดียว ในขณะที่มีโหลดอยู่ 50%
- ปลดโหลด 50% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์ในครั้งเดียว ในขณะที่มีโหลดอยู่ 100%
- ปลดโหลด 50% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์ที่เหลือในครั้งเดียว ในขณะที่มีโหลดอยู่ 50%

บันทึกข้อมูลแรงดันไฟฟ้าขาออก (output voltage) กระแสขาออกและความถี่ด้วยมาตรวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter) ทำการบันทึกและอธิบายเหตุการณ์การตอบสนองชั่วคราวในภาวะต่างๆ

****ดำเนินการที่สถานประกอบเครื่อง หรือ โรงงานผู้ผลิต หรือ นำผลทดสอบเฉพาะแบบของเครื่องต้นแบบรุ่นและขนาดเดียวกันมาใช้เป็นผลการทดสอบได้****

การทดสอบการตอบสนองชั่วคราว (Transient response test)

Start Gen จนได้รอบ/V/F

G

Reduce Load 50%

(50-0%)

บันทึกและอธิบายเหตุการณ์การตอบสนองชั่วคราว 50-0% (50 to 0% Transient)

- แรงดันไฟฟ้าขาออก
- กระแสขาออก
- ความถี่

ที่เกิดขึ้นในขณะลดโหลดนั้น

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน-ดาตาเซนเตอร์ (Acceptance test for Datacenter)

GEN THAI

Block Load Test

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบเครื่องยนต์ต้นกำลังของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถจำหน่ายแรงดันขาออกและความถี่ให้เข้าสู่ค่าพิกัดมาตรฐานที่ต้องการได้ภายในระยะเวลา (Recovery Time) 15 วินาที

- ใส่โหลด 100% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์ในครั้งเดียว ไม่อนุญาตให้ใส่โหลดเพื่อการทดสอบนี้เกิน 100% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์
- กรณีชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพิกัดกำลังกิโลวัตต์ 2,000 kW ขึ้นไปอนุญาตให้ลดลงมาเหลือใส่โหลด 95% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์ในครั้งเดียวได้

ให้ทดสอบ ณ สถานที่ใช้งานจริงทันทีหลังจากการ cool down ไม่น้อยกว่า 5 นาที ภายหลังการทดสอบ 4 ชั่วโมงต่อเนื่อง

Block Load Test

Start Gen จนได้รอบ/V/F

G

ให้ทดสอบ ณ สถานที่ใช้งานจริง
ทันทีหลังจากการ cool down
ไม่น้อยกว่า 5 นาทีภายหลังการ
ทดสอบ 4 ชั่วโมงต่อเนื่อง

Gen ≥2000 kW
Load 95%

สามารถจ่าย

- แรงดันไฟฟ้า
- ความถี่

ที่เกิดขึ้นในขณะจ่ายโหลดเต็มพิกัดนั้น
ให้เข้าสู่ค่าพิกัดมาตรฐานที่ต้องการได้
ภายในระยะเวลา (Recovery Time)
15 วินาที

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน-ดาตาเซนเตอร์ (Acceptance test for Datacenter)

สิ่งอำนวยความสะดวกในการทดสอบ

- ต้องจัดเตรียมสิ่งอำนวยความสะดวกพร้อมพื้นที่เพื่ออำนวยการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Load Test) ให้สอดคล้องเหมาะสมกับประเภทของดาตาเซนเตอร์
- ดาตาเซนเตอร์ประเภท 1 และ 2 **ควรจัดเตรียม** CB+จุดต่อสายรวมทั้งเดินสายไปยังตำแหน่งที่เข้าถึงได้ง่าย
- **ดาตาเซนเตอร์ประเภท 3 และ 4 ต้องจัดเตรียม CB+จุดต่อสายรวมทั้งเดินสายไปยังตำแหน่งที่เข้าถึงได้ง่าย**
- ต้อง**จัดเตรียมโหลดเทียม (Load Bank) แบบติดตั้งถาวร**ไว้สำหรับทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Load Test) ของดาตาเซนเตอร์ **ประเภท 3 และ 4 ที่สร้างใหม่** โดยขนาดโหลดเทียม**ต้องไม่น้อยกว่าพิกัดกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดใหญ่ที่สุด**

การทดสอบระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉิน เดินเครื่องขนานกัน

(Emergency Generator System Parallel Testing)

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน-ดาตาเซนเตอร์
(Acceptance test for Datacenter)

Emergency Generator System Parallel Testing

- Steady State Tests
- Transient Response Test
- Generator Fault Testing

ในขณะทำการทดสอบ หากมีสัญญานเกิดเหตุฉุกเฉินแจ้งมาจาก ATS ชุดใดชุดหนึ่ง โหลดเทียมจะต้องหยุดทำงาน อุปกรณ์ตัดวงจรของโหลดเทียมต้องเปิดวงจร และระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต้องกลับมาสู่หมวดการทำงานอัตโนมัติ

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งมอบงาน-ดาตาเซนเตอร์ (Acceptance test for Datacenter)

ขอบเขตในการทดสอบ (Scope)

การทดสอบสมรรถนะตามขั้นตอนในหมวดนี้อย่างน้อยจะต้องดำเนินการตามรายการดังต่อไปนี้

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดินขนานกัน

- วัด Load Sharing
- วัด Voltage Regulation
- การตอบสนองกรณีเกิดความผิดพร่องในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการเพิ่มโหลดทันที (DG Fault off and restore transient)

การทดสอบระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉินเดินเครื่องขนานกัน
(Emergency Generator System Parallel Testing)

- เพื่อทดสอบเฉพาะระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉิน เดินเครื่องขนานกันตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไป เพื่อร่วมกันจ่ายกำลังไฟฟ้าให้โหลด
- โหลดเต็มพิกัดในการทดสอบนี้จะเป็น 2,000 kW
- ทำการบันทึกค่าต่าง ๆ ในการทดสอบและเปรียบเทียบกับข้อกำหนดของผู้ผลิต ผลการทดสอบจะถูกนำไปเป็นฐานข้อมูลสำหรับการทดสอบในอนาคต
- ในขณะทำการทดสอบ หากมีสัญญานเกิดเหตุฉุกเฉินแจ้งมาจาก อุปกรณ์ถ่ายโอนแหล่งจ่ายไฟอัตโนมัติ (Automatic Transfer Switch, ATS) ชุดใดชุดหนึ่ง โหลดเทียมจะต้องหยุดทำงาน อุปกรณ์ตัดวงจรของโหลดเทียมต้องเปิดวงจร และระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต้องกลับมาสู่หมวดการทำงานอัตโนมัติ

การทดสอบระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉินเดินเครื่องขนานกัน (Emergency Generator System Parallel Testing)

GEN THAI

การทดสอบความเสถียร (Steady state test)

- สตาร์ทเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเตรียมเดินขนานกันในระบบอ่านค่าแรงดันไฟฟ้า กระแส ความถี่และฮาร์โมนิก ในขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานในสภาวะไร้โหลด บันทึกค่าเป็นค่าที่ “0% Load”

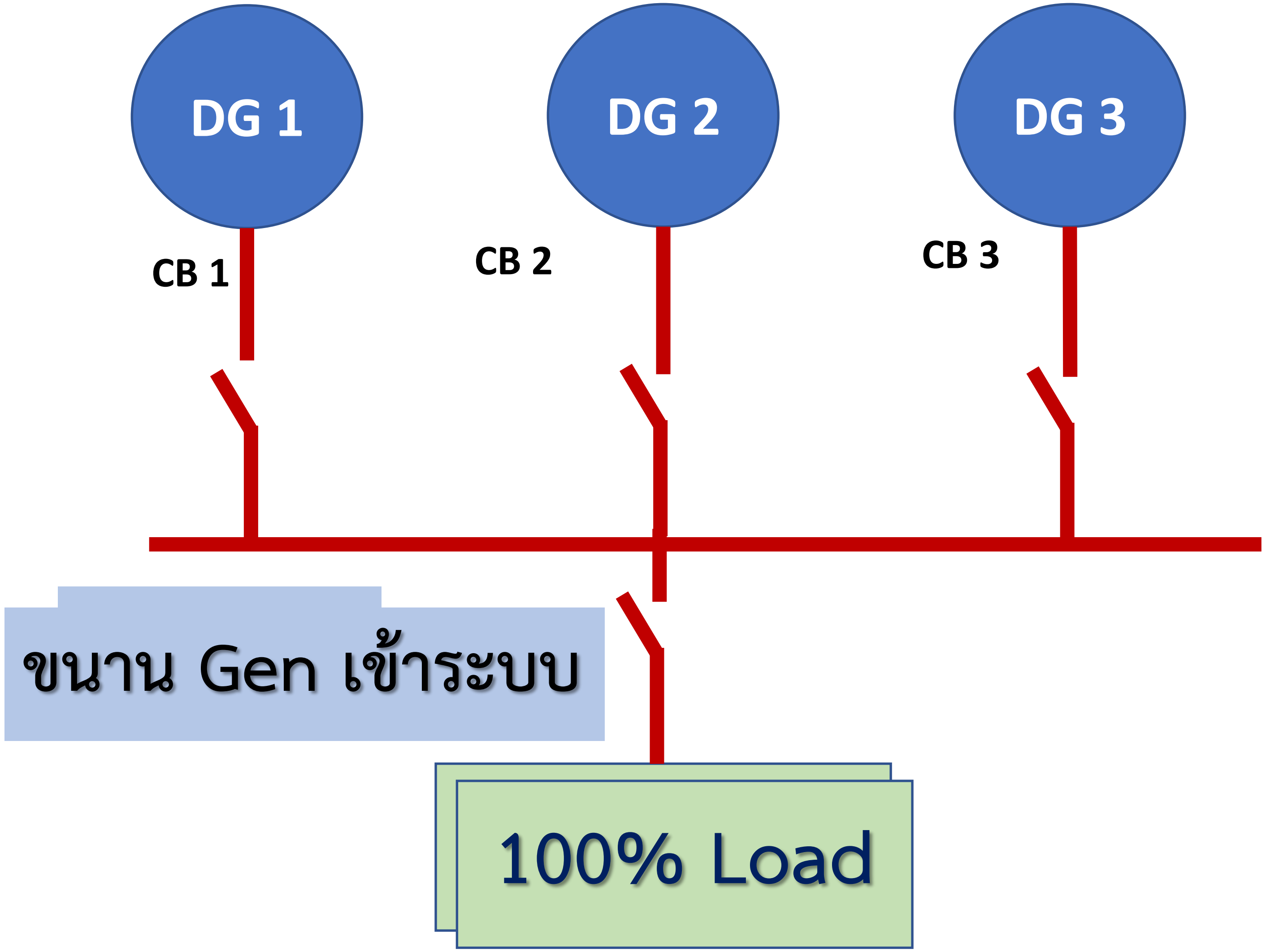
- เดินเครื่องขนานกันเข้าระบบในขณะที่การเดินขนานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในสภาวะไร้โหลด ให้บันทึกข้อมูล กระแสขาออกของแต่ละชุด เพื่อตรวจสอบการแบ่งจ่ายโหลดที่ถูกต้องแม่นยำ

- ใส่โหลด 50% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์โหลด ทำการอ่านและบันทึกค่า แรงดันไฟฟ้าขาออก กระแสขาออก ความถี่และฮาร์โมนิกขาออก ที่เกิดขึ้นในขณะจ่ายโหลดที่ 50% ของพิกัดนั้น บันทึกค่าเป็นค่าที่ “50% Load”

- ใส่โหลด 100% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์โหลด ทำการอ่านและบันทึกค่า แรงดันไฟฟ้าขาออก กระแสขาออก ความถี่และฮาร์โมนิกขาออก ที่เกิดขึ้นในขณะจ่ายโหลดที่ 100% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์โหลดนั้น บันทึกค่าเป็นค่าที่ “100% Load”

- ในขณะที่การเดินขนานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในสภาวะ“50% Load” และ“100% Load”นี้ ให้บันทึกข้อมูล กระแสขาออกของแต่ละชุด เพื่อตรวจสอบการแบ่งจ่ายโหลดที่ถูกต้องแม่นยำ

การทดสอบความเสถียร (Steady state test)



บันทึกค่า Out-put

- แรงดันไฟฟ้าขาออก
- กระแสขาออกรวมและแยกแต่ละชุด
- ความถี่
- ฮาร์โมนิค

ที่เกิดขึ้นในขณะไร้โหลดนั้นบันทึกค่าเป็นค่าที่ “100% Load”

การทดสอบระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉินเดินเครื่องขนานกัน (Emergency Generator System Parallel Testing)

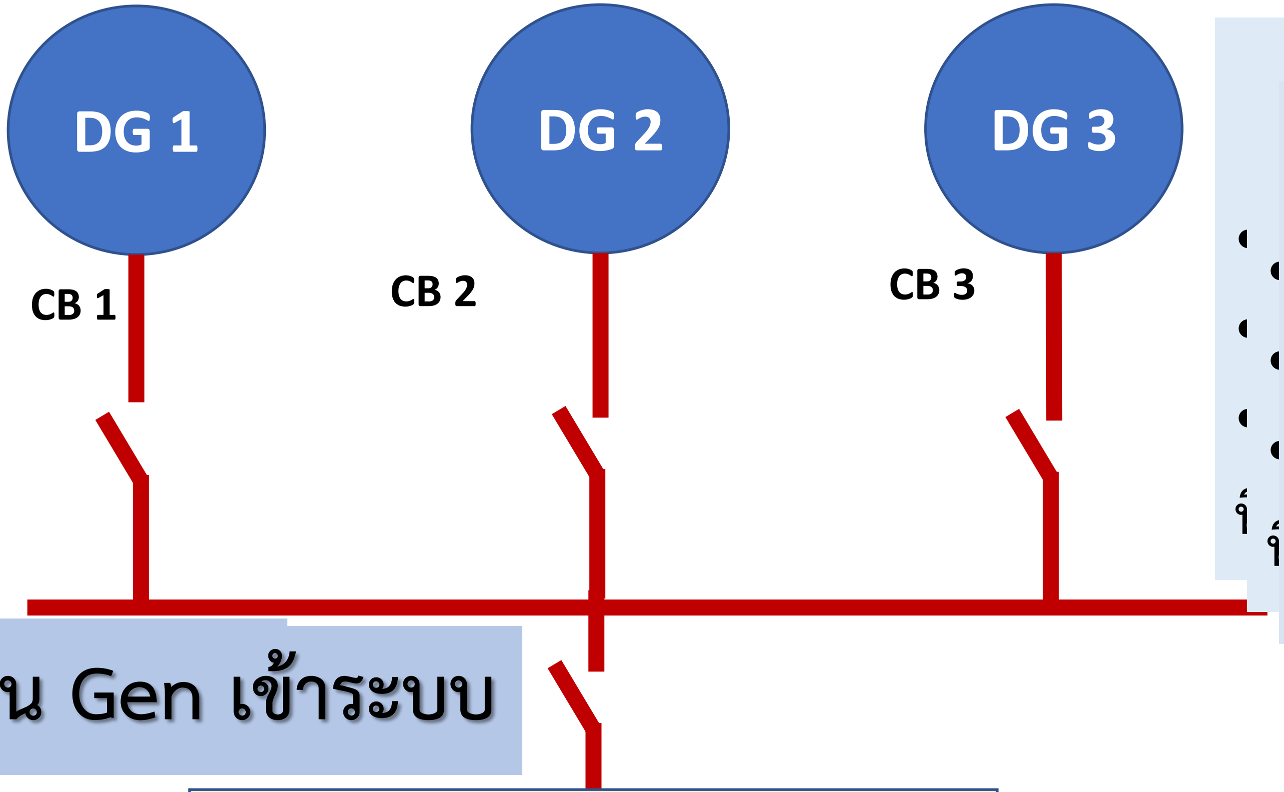
GEN THAI

การทดสอบการตอบสนองชั่วคราว (Transient response test)

- ใส่โหลด 50% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์โหลดในครั้งเดียว ในขณะที่ทำงานในสภาวะไร้โหลด บันทึกเป็น 0-50% Transient
- ใส่โหลดอีก 50% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์โหลดที่เหลือในครั้งเดียว ในขณะที่มีโหลดอยู่ 50% บันทึกเป็น 50-100% Transient
- ปลดโหลด 50% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์โหลดในครั้งเดียว ในขณะที่มีโหลดอยู่ 100% บันทึกเป็น 100-50% Transient
- ปลดโหลด 50% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์โหลดที่เหลือในครั้งเดียว ในขณะที่มีโหลดอยู่ 50% บันทึกเป็น 50-0% Transient
- ใส่โหลด 100% ของพิกัดกำลังกิโลวัตต์โหลดในครั้งเดียว ในขณะที่ทำงานในสภาวะไร้โหลด บันทึกเป็น 0-100% Transient

บันทึกข้อมูลแรงดันไฟฟ้าขาออก (output voltage) กระแสขาออกและความถี่ด้วยมาตรวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter) ทำการบันทึกและอธิบายเหตุการณ์การตอบสนองชั่วคราวในภาวะต่างๆ

การทดสอบการตอบสนองชั่วคราว (Transient response test)



ขนาน Gen เข้าระบบ

บันทึกและอธิบายเหตุการณ์การตอบสนอง

ชั่วคราว 0-100% (0 to 100% Transient)

- แรงดันไฟฟ้าขาออก
- กระแสขาออก
- ความถี่

ที่เกิดขึ้นในขณะเพิ่มโหลดนั้น

Add Load 100%

(0-100%)

การทดสอบระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉินเดินเครื่องขนานกัน (Emergency Generator System Parallel Testing)

GEN THAI

การทดสอบความผิดพร่องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator Fault Testing)

1. ติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัดและบันทึกค่ากำลังไฟฟ้า 3 เฟส เพื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้าขาออก กระแสไฟฟ้าขาออกที่บัสต่อขนานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator Parallel Bus) ปรับตั้งค่ามิเตอร์ให้ทำการบันทึกค่าทุกๆ 15 นาที
2. สร้างผังข้อมูลในเครื่องบันทึกของเครื่องมือวัดเป็นข้อมูลหน้างาน (Site Information) และระบุชื่อเป็น “DG Fault Off” และสร้างผังข้อมูลของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละชุด (Location Information) ระบุชื่อของแต่ละชุดตามลำดับ
3. เดินขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดเข้าด้วยกัน
4. ใส่โหลด 100% เข้าระบบ
5. เชื่อมต่อชุดเครื่องมือวัดเข้าในผังข้อมูลหน้างาน (Site Information) ที่สร้างไว้แล้วคือ “DG Fault Off” และผังข้อมูลของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละชุด (Location Information) กำหนดให้เป็น “Fault Off and Restore DG1” และเริ่มต้นการบันทึก

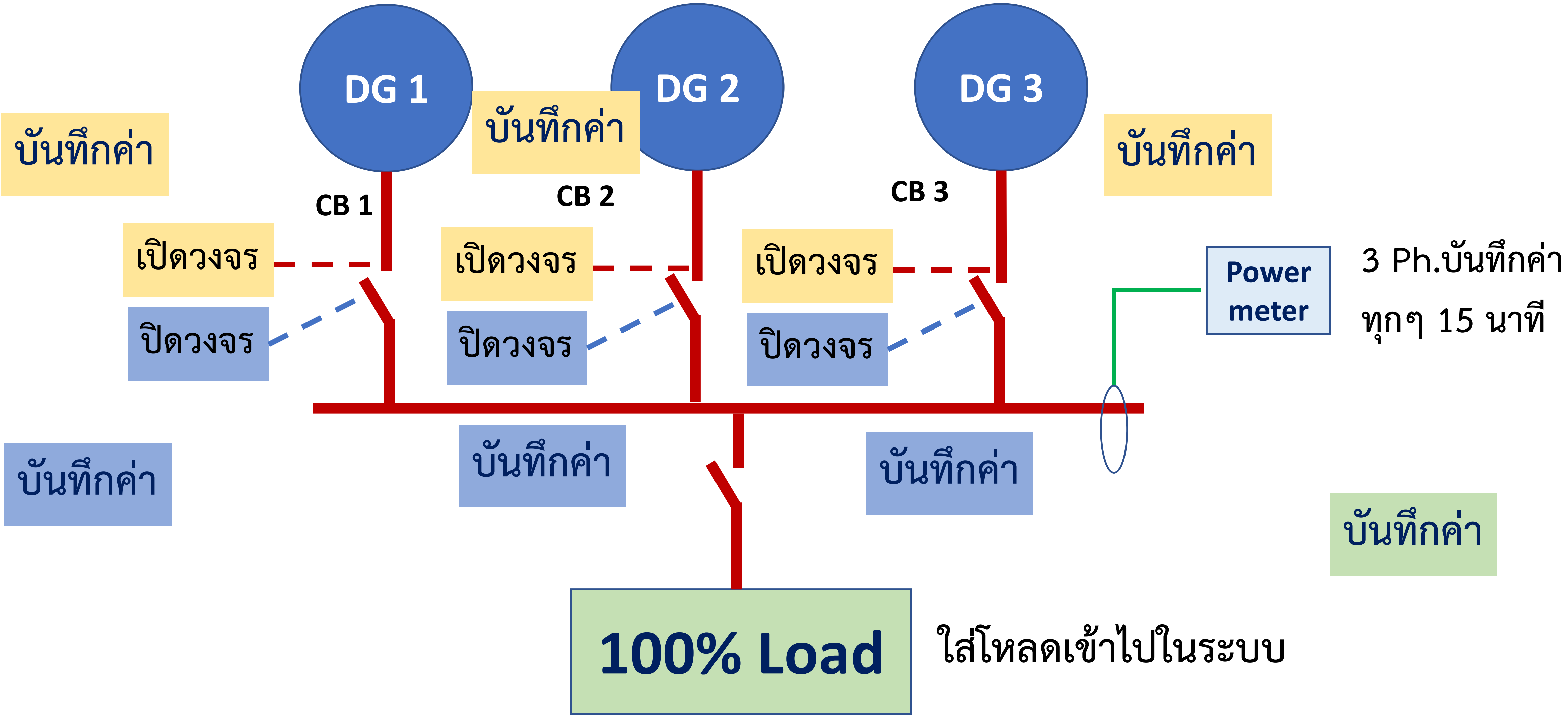
การทดสอบระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉินเดินเครื่องขนานกัน (Emergency Generator System Parallel Testing)

GEN THAI

การทดสอบความผิดพร่องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator Fault Testing)

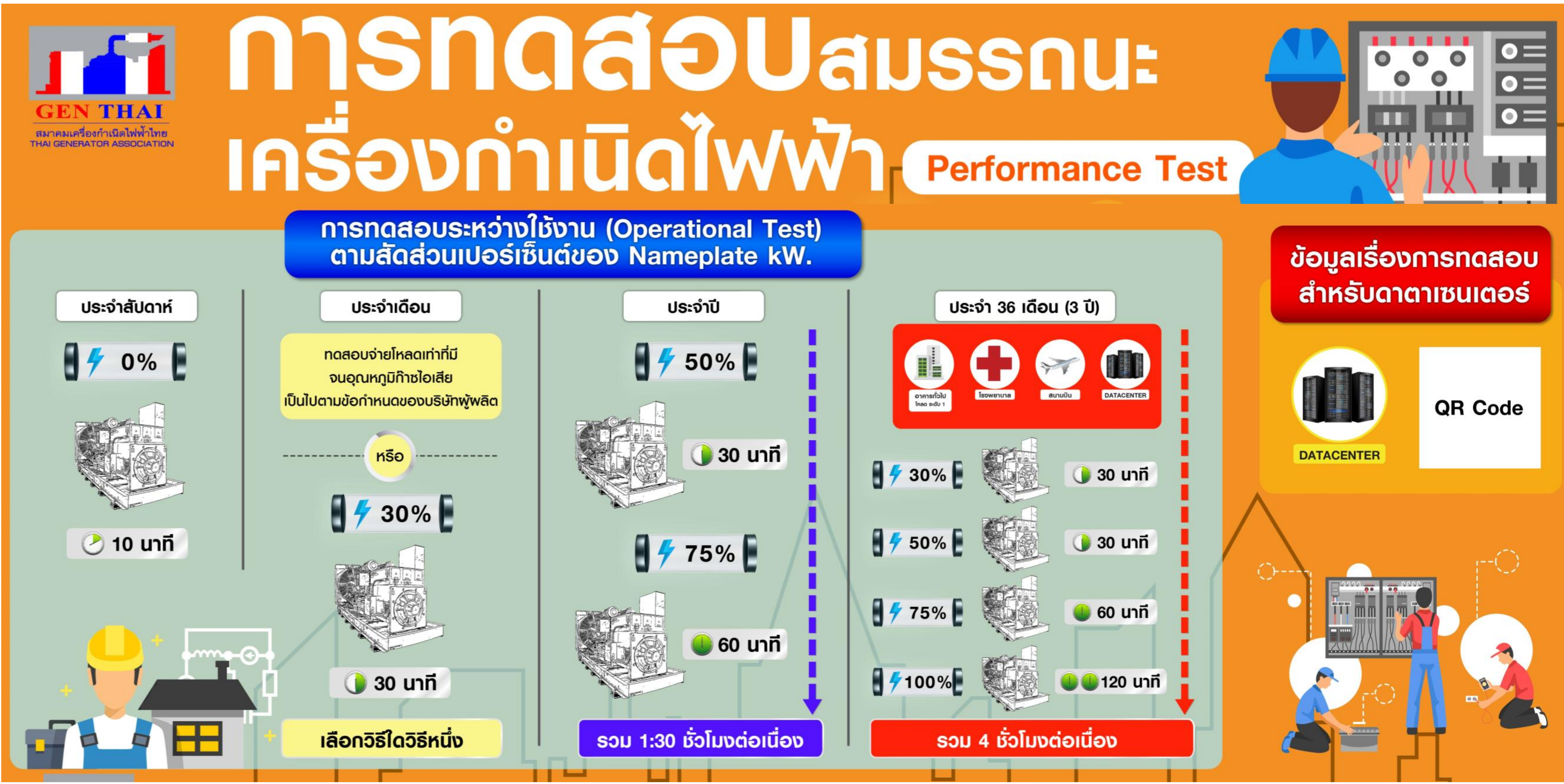
6. เปิดวงจรของ CB ด้านขาออกของ DG 1 เพื่อปลด ออกจากระบบ ทำการบันทึกค่าเกินชั่วขณะ (Transient) ด้วยกราฟรูปคลื่น และระบุเหตุการณ์ในกราฟนั้นตามลำดับ
7. ต่อ DG 1 เข้าสู่ระบบอีกครั้ง ทำการบันทึกค่าเกินชั่วขณะ (Transient) ด้วยกราฟรูปคลื่น และระบุเหตุการณ์ในกราฟนั้นตามลำดับ
8. หยุดการบันทึกและทำการดึงข้อมูล (Download Data)
9. ทำซ้ำจาก 5-8 สำหรับ DG 2 และ DG 3 โดยกำหนด Location Info เป็น “Fault off and Restore DG 2” สำหรับ DG 2 และ “Fault off and Restore DG 3” สำหรับ DG 3

เดินเครื่องขนาน



การทดสอบความผิดพร่องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator Fault Testing)

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์กำเนิดไฟฟ้าระหว่างใช้งาน (Operational Test)



**** วสท.112002-59*

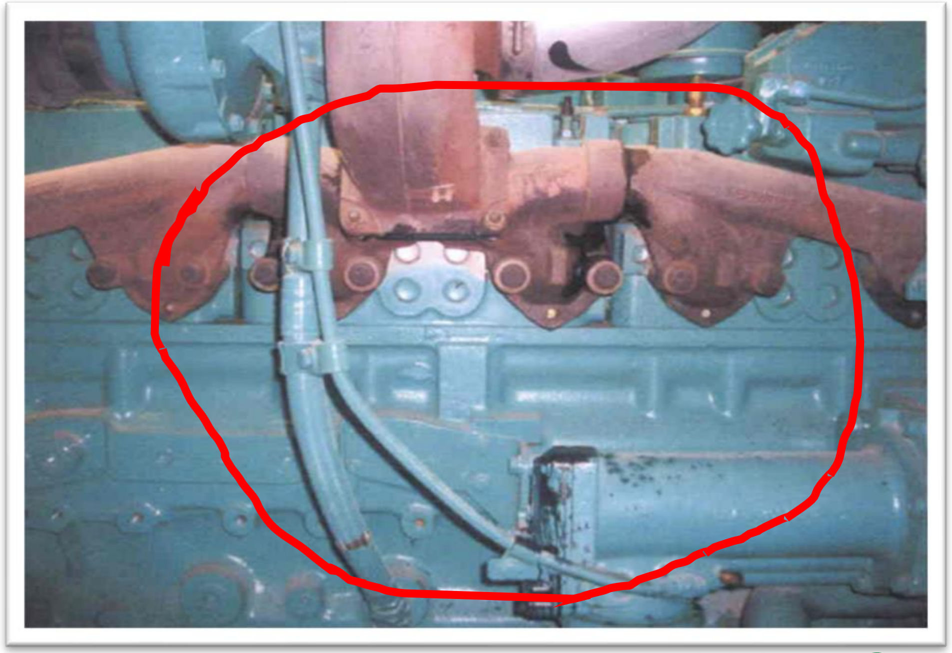
www.genthai.or.th

การเกิดภาวะน้ำมันเยิ้มของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

GEN THAI

(Wet Stacking or Engine Slobbering)

หากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายโหลดน้อยกว่าค่าต่ำสุดที่กำหนดโดยผู้ผลิต (20-30%) จะทำให้เกิดการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ เกิดน้ำมันที่เหลืออยู่สะสมที่ท่อไอเสียและส่วนอื่นของเครื่องยนต์ ทำให้มีน้ำมันไหลเยิ้มออกมาภายนอกผ่านช่องว่างของท่อและฝาสูบ ซึ่งภาวะการณ์นี้เรียก “Wet Stacking” หรือ “Engine Slobbering”



Wet Stacking or Engine Slobbering

⚠ CAUTION ⚠

Do not idle the engine for excessively long periods. Long periods of idling, more than 10 minutes, can cause poor engine performance.

การเกิดภาวะน้ำมันเยิ้มของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

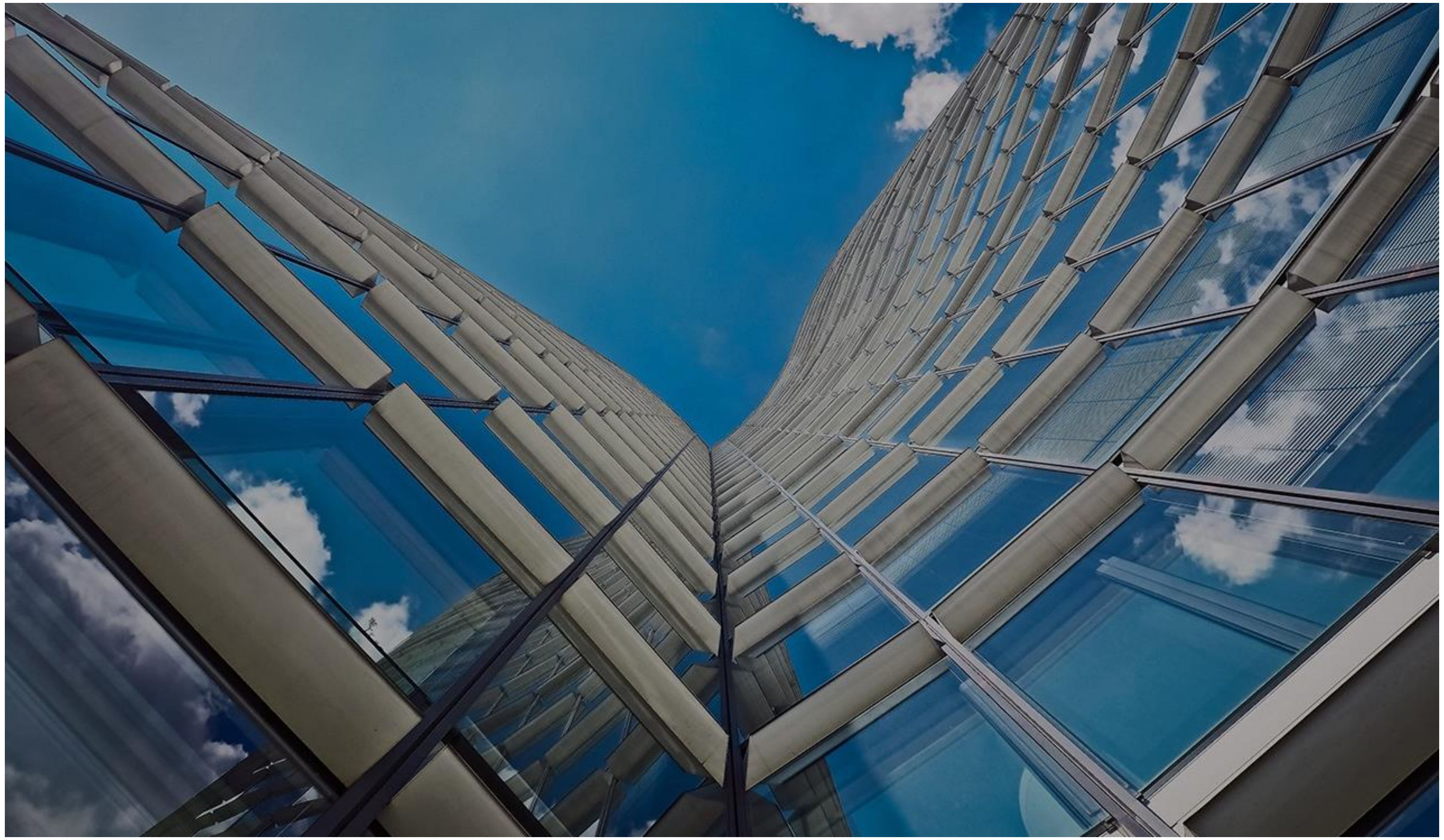
(Wet Stacking or Engine Slobbering)

- เกิดควันดำเนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์
- กำลังเครื่องยนต์ตก
- เพิ่มมลพิษทางอากาศ
- เกิดเขม่าคาร์บอนติดลูกสูบเนื่องจากอุณภูมิของไอเสียต่ำเกินเกณฑ์ เกิดการครูดทำให้ผนังกระบอกสูบเกิดรอย และสูญเสียแรงอัดขณะทำงาน
- เป็นเหตุให้เครื่องยนต์หยุดทำงาน

Special Thanks

GATEWAY
HIMOINSA®

GEN THAI
สมาคมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไทย
THAI GENERATOR ASSOCIATION



End