T-VER-METH-EE-09

ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ

สำหรับ

การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของโรงไฟฟ้าโดยการปรับปรุงกังหัน

(Energy Efficiency Improvement of a Power Plant through Retrofitting Turbines)

1. ชื่อระเบียบวิธีการ (Methodology)	**การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของโรงไฟฟ้าโดยการปรับปรุงกังหัน (Energy Efficiency Improvement of a Power Plant through Retrofitting Turbines)**
2. ประเภทโครงการ (Project Type)	โครงการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency)
3. ลักษณะโครงการ (Project Outline)	เป็นโครงการที่มีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของโรงไฟฟ้า โดยการปรับปรุงอุปกรณ์หลักของระบบ คือ กังหัน (Turbine)
4. ลักษณะของกิจกรรมโครงการที่เข้าข่าย (Applicability)	เป็นโครงการที่มีกิจกรรมการปรับปรุง ดัดแปลง หรือฟื้นฟูสภาพ (Retrofit) กังหันของโรงไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพพลังงานสูงขึ้น
5. เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ (Project Conditions)	1) เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel Fired Power Plants) 2) มีการปรับปรุง ดัดแปลง หรือฟื้นฟูสภาพ (Retrofit) กังหันของโรงไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพพลังงานสูงขึ้น โดยไม่เป็นกิจกรรมการบำรุงรักษาที่ดำเนินการปกติ (Regular Maintenance)
6. หมายเหตุ	ระเบียบวิธีการฯ นี้ ไม่ครอบคลุม - การปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง (Fuel Switch) - โรงไฟฟ้าโคเจนเนอเรชั่น (Cogeneration Power Plants)

รายละเอียดระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของโรงไฟฟ้าโดยการปรับปรุงกังหัน

1. ลักษณะและขอบเขตโครงการ (Scope of Project)

เป็นโครงการที่มีกิจกรรมการปรับปรุง ดัดแปลง หรือฟื้นฟูสภาพ (Retrofit) กังหันของโรงไฟฟ้าให้มีสมรรถนะให้สูงขึ้น (Upgrade Performance) เช่น การใช้ใบพัดที่มีเทคโนโลยีขั้นสูง (Advanced Technology Blades) เป็นต้น ที่มีผลโดยตรงต่อการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานและการลดก๊าซเรือนกระจก

ขอบเขตของโครงการ ครอบคลุมพื้นที่ของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังนี้

(1) กังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ครอบคลุมกังหันที่มีการปรับปรุงและเชื่อมต่อโดยตรงกับเจนเนอเรเตอร์ (Electric Generator), หม้อน้ำ (Boiler) และคอนเดนเซอร์ (Condenser)

(2) กังหันก๊าซ (Gas Turbine) ครอบคลุมกังหันที่มีการปรับปรุงและเชื่อมต่อโดยตรงกับเจนเนอเรเตอร์ (Electric Generator), คอมเพรสเซอร์ (Compressor), และเครื่องเผาไหม้ (Combustor)

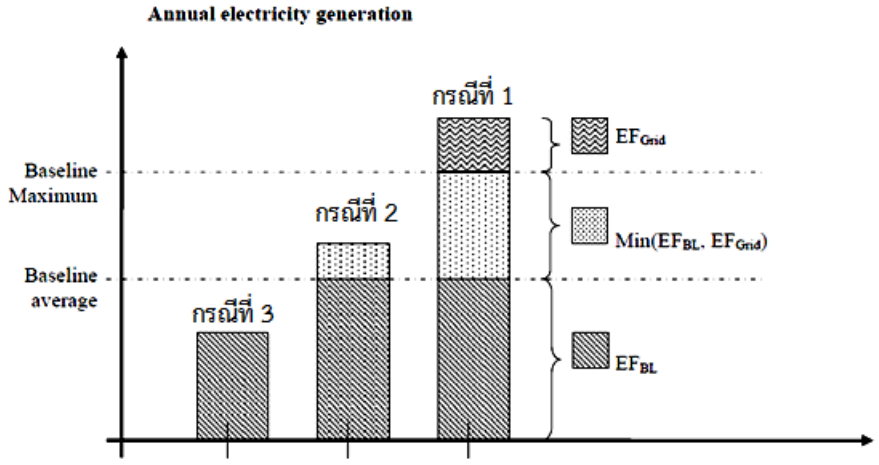
2. ข้อมูลกรณีฐาน (Baseline Scenario)

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐานจากปรับปรุงกังหันของโรงไฟฟ้า ให้พิจารณาจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ แบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ดังรูปที่ 1 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

กรณีที่ 1 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ ($EG_{PJ,\ y}$) มากกว่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด ก่อนการดำเนินโครงการ ($EG_{BL,\ Max}$)

กรณีที่ 2 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ ($EG_{PJ,\ y}$) มากกว่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ย ก่อนการดำเนินโครงการ ($EG_{BL,\ Avg}$) แต่น้อยกว่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด ก่อนการดำเนินโครงการ ($EG_{BL,\ Max}$)

กรณีที่ 3 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ ($EG_{PJ,\ y}$) น้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ย ก่อนการดำเนินโครงการ ($EG_{BL,\ Avg}$)



รูปที่ 1 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณีฐาน

3. กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก	ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียดของกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
กรณีฐาน	การผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบสายส่ง	CO_2	การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
	การผลิตพลังงานไฟฟ้าของหน่วยผลิตไฟฟ้า	CO_2	การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
การดำเนินโครงการ	การผลิตพลังงานไฟฟ้าของหน่วยผลิตไฟฟ้า	CO_2	การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
นอกขอบเขตโครงการ	ไม่เกี่ยวข้อง	-	-

4. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานพิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยคิดจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ ($EG_{PJ,y}$) ที่สามารถแทนที่การผลิตพลังงานไฟฟ้าก่อนที่จะมีการดำเนินโครงการ

4.1 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (ดังรูปที่ 1) ดังนี้

กรณีที่ 1 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ ($EG_{PJ,y}$) มากกว่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุดก่อนการดำเนินโครงการ ($EG_{BL,\,Max}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$BE_y = (EG_{PJ,y} \times EF_{BL,y}) + ((EG_{BL,Max} - EG_{BL,\,Avg}) \times \min(EF_{BL,\,y}\,;\, EF_{Grid,y})) + ((EG_{PJ,\,y} - EG_{BL,\,Max}) \times EF_{Grid})$$

กรณีที่ 2 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ ($EG_{PJ,\,y}$) มากกว่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ยก่อนการดำเนินโครงการ ($EG_{BL,\,Avg}$) แต่น้อยกว่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุดก่อนการดำเนินโครงการ ($EG_{BL,\,Max}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$BE_y = (EG_{BL,Avg} \times EF_{BL,y}) + ((EG_{PJ,\,y} - EG_{BL,\,Avg}) \times \min(EF_{BL,\,y}\,;\, EF_{Grid}))$$

กรณีที่ 3 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ ($EG_{PJ,\,y}$) น้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ย ก่อนการดำเนินโครงการ ($EG_{BL,\,Avg}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$BE_y = EG_{PJ,\,y} \times EF_{BL,y}$$

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO_2/year)

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าสุทธิจากการดำเนินโครงการ ในปี y (MWh/year)

$EG_{BL,\,Avg}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ย ก่อนการดำเนินโครงการ (MWh/year)

$EG_{BL,\,Max}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด ก่อนการดำเนินโครงการ (MWh/year)

$EF_{BL,\,y}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลของโรงไฟฟ้า ในปี y (tCO_2/MWh)

EF_{Grid} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ตามที่ อบก. กำหนด (tCO_2/MWh)

4.2 การคำนวณปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด ก่อนการดำเนินโครงการ ($EG_{BL,\,Max}$)

$$EG_{BL,\,Max} = CAP_{BL,Max} \times T_{BL,\,Max}$$

$$T_{BL,Max} = 8{,}760 - \frac{\sum_{x=1}^{3} HMRx}{3}$$

โดยที่

$EG_{BL,\,Max}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด ก่อนการดำเนินโครงการ (MWh/year)

$CAP_{BL,Max}$ = กำลังการผลิตสูงสุดของกังหัน ก่อนการดำเนินโครงการ (MW)

$T_{BL, Max}$ = จำนวนชั่วโมงดำเนินงานสูงสุดของกังหัน ก่อนการดำเนินโครงการ (hours)

HMR_x = จำนวนชั่วโมงเฉลี่ยต่อปีที่กังหันหยุดดำเนินงาน ในปี x ก่อนการดำเนินโครงการ (hours)

4.3 การคำนวณปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ย ก่อนการดำเนินโครงการ ($EG_{BL, Avg}$)

$$EG_{BL,Avg} = \frac{\sum_{x=1}^{3} EG_{Tur,x}}{3}$$

โดยที่

$EG_{BL, Avg}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ย ก่อนการดำเนินโครงการ (MWh/year)

$EG_{Tur, x}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตจากกังหัน ก่อนการดำเนินโครงการ ในปี x (MWh/year)

4.4 การคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลของโรงไฟฟ้า ($EF_{BL, y}$) แบ่งออกเป็น 2 กรณี ตามประเภทของกังหัน ดังนี้

กรณีที่ 1 กังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

$$EF_{BL,y} = \frac{3.6}{1000} \times \frac{(EF_{CO2,i} \times 10^{-3}) \times FC_{PJ,y} \times (NCV_{i,y} \times 10^{-6})}{Eff_{BL} \times HI_{PJ,y}}$$

กรณีที่ 2 กังหันก๊าซ (Gas Turbine)

$$EF_{BL,y} = \frac{3.6}{1000} \times \frac{EF_{CO2,i} \times 10^{-3}}{Eff_{BL}}$$

โดยที่

$EF_{BL, y}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลของโรงไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

$EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทi ($kgCO_2/TJ$)

$FC_{PJ,i,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับการดำเนินโครงการ ในปี y (unit/year)

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y (MJ/unit)

Eff_{BL} = ประสิทธิภาพทางพลังงานของกังหัน ก่อนการดำเนินโครงการ

$HI_{PJ,y}$ = ปริมาณความร้อนที่ป้อนเข้าสู่กังหัน ในปี y (TJ)

5. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ พิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในกรณีที่ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้ามีการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$PE_y = PE_{FF,y}$$

โดยที่

PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2/year)

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2/year)

5.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการ

$$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times (NCV_{i,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,i}) \times 10^{-3}$$

โดยที่

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2/year)

$FC_{PJ,i,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับการดำเนินโครงการ ในปี y (unit/year)

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y (MJ/unit)

$EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ($kgCO_2$/TJ)

6. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission)

- ไม่มีการดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง

7. การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Reduction)

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการ สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y$$

โดยที่

ER_y = การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี y (tCO_2e/year)

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานในปี y (tCO_2e/year)

PE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

LE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการในปี y (tCO_2e/year)

8. การติดตามผลการดำเนินโครงการ (Monitoring Plan)

ข้อมูลและพารามิเตอร์ที่ต้องมีการติดตามผลรวมถึงวิธีการตรวจวัด และการประเมิน ตามข้อกำหนดของ อบก.

8.1 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	EF_{Grid}
หน่วย	tCO_2/MWh
ความหมาย	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ตามที่ อบก. กำหนด
แหล่งข้อมูล	รายงานผลการศึกษาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย ฉบับล่าสุด โดย อบก.

พารามิเตอร์	$CAP_{BL, Max}$
หน่วย	MW
ความหมาย	กำลังการผลิตสูงสุดของกังหัน ก่อนการดำเนินโครงการ
แหล่งข้อมูล	ทางเลือกที่ 1 ค่ากำลังการผลิตติดตั้งของกังหัน (Installed Capacity) จากผู้ผลิต ทางเลือกที่ 2 ค่ากำลังการผลิตสูงสุดที่วัดได้ขณะทดสอบสมรรถนะของระบบ ภายใต้เงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Conditions)

พารามิเตอร์	HMR_x
หน่วย	hours
ความหมาย	จำนวนชั่วโมงเฉลี่ยต่อปีที่กังหันหยุดดำเนินงาน ในปี x ก่อนการดำเนินโครงการ
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวัด โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปีล่าสุด กรณีข้อมูลปีใดมีความผิดปกติให้ใช้ข้อมูลของปีถัดไป

พารามิเตอร์	$EG_{Tur,x}$
หน่วย	MWh/year
ความหมาย	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตจากกังหัน ก่อนการดำเนินโครงการ ในปี x
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวัด โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปีล่าสุด กรณีข้อมูลปีใดมีความผิดปกติให้ใช้ข้อมูลของปีถัดไป

พารามิเตอร์	$EF_{CO2,i}$
หน่วย	$kgCO_2/TJ$
ความหมาย	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i
แหล่งข้อมูล	ตารางที่ 1.4 2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories

พารามิเตอร์	$NCV_{i,y}$
หน่วย	MJ/Unit
ความหมาย	ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของพลังงานฟอสซิลประเภท i ในปี y
แหล่งข้อมูล	ทางเลือกที่ 1 ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ระบุในใบแจ้งหนี้ (Invoice) จากผู้ผลิตเชื้อเพลิง (Fuel Supplier) ทางเลือกที่ 2 จากการตรวจวัด ทางเลือกที่ 3 รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

พารามิเตอร์	Eff_{BL}
หน่วย	-
ความหมาย	ประสิทธิภาพทางพลังงานของกังหัน ก่อนการดำเนินโครงการ
แหล่งข้อมูล	ทางเลือกที่ 1 ค่าประสิทธิภาพทางพลังงานสูงสุดที่วัดได้ขณะทดสอบสมรรถนะของระบบ ภายใต้เงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Conditions) ทางเลือกที่ 2 ใช้ค่า Default Value ดังนี้

Technology	Commissioning Year		
	$y \leq 2000$	$2000 < y \leq 2012$	$y > 2012$
Steam turbine	37.5%	39%	44%
Open cycle gas turbine	30%	39.5%	42%
Combined cycle gas turbine	46%	60%	62%

ที่มา: CDM Methodology, AM0062 Version 02

8.2 พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	$EG_{PJ,y}$
หน่วย	MWh/year
ความหมาย	ปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าสุทธิจากการดำเนินโครงการ ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวัด
วิธีการติดตามผล	ตรวจวัดโดย kWh Meter และตรวจวัดต่อเนื่องตลอดช่วงของการติดตามผล โดยรายงานข้อมูลที่มีความละเอียดเป็นรายเดือน

พารามิเตอร์	$HI_{PJ,y}$
หน่วย	TJ
ความหมาย	ปริมาณความร้อนที่ป้อนเข้าสู่กังหัน ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวัด
วิธีการติดตามผล	ตรวจวัดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณพลังงานความร้อน โดยใช้วิธีการตรวจวัดทางวิศวกรรม และตรวจวัดต่อเนื่องตลอดช่วงของการติดตามผล โดยรายงานข้อมูลที่มีความละเอียดเป็นรายเดือน

พารามิเตอร์	$FC_{PJ,i,y}$
หน่วย	unit/year (unit: Mass or Volume)
ความหมาย	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับการดำเนินโครงการ ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของโครงการ
วิธีการติดตามผล	บันทึกหรือหลักฐานแสดงปริมาณการใช้เชื้อเพลิง โดยรายงานข้อมูลที่มีความละเอียดเป็นรายเดือน

เอกสารอ้างอิง

CDM Methodology

AM0062 Version 02 Energy efficiency improvements of a power plant through retrofitting turbines.

บันทึกการแก้ไข T-VER-METH-EE-09

ฉบับที่	แก้ไขครั้งที่	วันที่บังคับใช้	รายการแก้ไข
01	-	28 กันยายน 2559	