**T-VER-P-TOOL-02-04**

**การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก**

**จากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพจากการดำเนินโครงการ**

**(****Tool to calculate project emissions from flaring)**

**ฉบับที่ 01**

**มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2566**

**1. บทนำ**

เอกสารฉบับนี้เป็นเครื่องมือการคํานวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพซึ่งประกอบด้วยก๊าซมีเทนที่มีความเข้มข้นสูง แหล่งที่มาของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งจากชีวมวล (Biogenic) เช่น ก๊าซจากหลุมฝังกลบ ก๊าซชีวภาพ ก๊าซจากระบบบําบัดน้ำเสีย เป็นต้น รวมถึงการระบุวิธีการ/แหล่งข้อมูลของพารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

**2. คำนิยามที่เกี่ยวข้อง**

* **ก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง (Residual gas หรือ RG)** หมายถึง ก๊าซไวไฟที่มีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบและถูกเผาทำลายเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมของโครงการ
* **ก๊าซไอเสีย (Exhaust gas หรือ EG)** หมายถึง ก๊าซเผาไหม้ที่ปล่อยออกมาจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ
* **ข้อกำหนดการใช้งานระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (Flare operating specifications)** หมายถึง ข้อกําหนดของผู้ผลิตสําหรับการใช้งานระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ซึ่งรวมถึง อัตราการไหลต่ำสุดและสูงสุดและเงื่อนไขการทํางานขั้นต่ำและสูงสุดอื่น ๆ และรายละเอียดสําหรับอุปกรณ์ควบคุม
* **สภาวะอ้างอิง (Reference conditions)** หมายถึง 0 oC (273.15 K, 32 ºF) และ 1 atm (101.325 kN/m2, 101.325 kPa, 14.69 psia, 29.92 in Hg, 760 torr)
* **เชื้อเพลิงเสริม (Auxiliary fuel)** หมายถึง เชื้อเพลิงที่ผสมในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งเพื่อเพิ่มค่าความร้อนสำหรับการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง โดยปกติเชื้อเพลิงเสริมที่ใช้ เช่น ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น
* **ประสิทธิภาพของระบบเผาทำลาย (Flare efficiency)** หมายถึง ประสิทธิภาพการทําลายก๊าซมีเทนของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ซึ่งกําหนดเป็นหนึ่งลบด้วยอัตราส่วนระหว่างการไหลของมวลของก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียและการไหลของมวลของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่ถูกเผาทำลาย (อ้างถึงในหน่วยพื้นฐานแห้ง (dry basis) และสภาวะอ้างอิง)
* **ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบเปิด (Open flare)** หมายถึง อุปกรณ์สำหรับเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่ปลายเปิดโล่ง หรือมีลักษณะเป็นปล่องปิดอาจจะอยู่ในรูปแบบแนวตั้งหรือแนวนอน โดยที่ความยาวของปล่องเผาไหม้มีขนาดน้อยกว่า 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่องเผาไหม้
* **ระบบเผาทำลายก๊าซแบบปิด (Enclosed flare)** หมายถึง อุปกรณ์สำหรับเผาทำลายก๊าซชีวภาพอยู่ภายในปล่อง และความยาวของปล่องเผาไหม้ต้องมีขนาดมากกว่า 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่องเผาไหม้ อุปกรณ์ประกอบด้วยระบบการเผาไหม้และระบบรับอากาศตามธรรมชาติหรือบังคับได้สําหรับปฏิกิริยาการเผาไหม้
* **Low height flare** หมายถึง ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดที่มีความสูงของปล่องระหว่าง 2 – 10 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่องเผาไหม้

**3. ลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่าย และเงื่อนไขการนำไปใช้**

 3.1 เครื่องมือการคำนวณนี้ใช้สำหรับคํานวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพด้วยระบบปิดหรือระบบเปิด และผู้พัฒนาโครงการควรระบุชนิดของระบบเผาทำลายที่ใช้ในกิจกรรมโครงการในเอกสารข้อเสนอโครงการ (Project Design Document หรือ PDD)

 3.2 เครื่องมือนี้ใช้ได้กับการเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่มีรายละอียดดังนี้

1. ก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทนที่มีความเข้มข้นสูง และ
2. แหล่งที่มาของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง ได้แก่ ก๊าซมีเทนจากแหล่งชีวมวล (Biogenic) (เช่น ก๊าซจากหลุมฝังกลบ ก๊าซชีวภาพ ก๊าซจากระบบบําบัดน้ำเสีย เป็นต้น)

 3.3 เครื่องมือการคำนวณนี้ไม่รวมถึงการใช้เชื้อเพลิงเสริม ดังนั้นก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งจะต้องเป็นก๊าซไวไฟเพียงพอที่จะเผาไหม้ได้ ในกรณีใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดผู้พัฒนาโครงการต้องปฏิบัติตามข้อมูลการใช้งานระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่ผู้ผลิตกำหนดไว้

**4. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก**

 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพจากการดำเนินโครงการ ซึ่งเป็นการกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณต่อไปนี้

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| พารามิเตอร์ | หน่วย | อธิบาย |
| PEflare,y | tCO2e | ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพจากการดำเนินโครงการในปี y |

**4.1 กิจกรรมที่พิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ**

|  |  |
| --- | --- |
| ประเภท | กิจกรรม |
| การเผาทำลายก๊าซชีวภาพ | *การใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ* |

**4.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพ**

 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพคำนวณจากประสิทธิภาพของระบบเผาทำลาย และปริมาณของก๊าซมีเทนไปยังระบบเผาทำลาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
|  **525,600****PEflare,y = GWPCH4 x ∑ FCH4,RG,m x (1-** ηflare,m**)x 10-3** **m=1** | สมการที่ (1) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| PEflare,y | = | การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO2e) |
| GWPCH4 | = | ศักยภาพในการทําให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (tCO2e/ tCH4) |
| FCH4,RG,m | = | ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที m (kg) |
| ηflare,m | = | ประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายในนาที m |

โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

## ขั้นตอนที่ 1 การหาปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **พารามิเตอร์** | **หน่วย** | **ความหมาย** |
| FCH4,m | kg | การไหลของมวลของก๊าซมีเทนไปยังระบบเผาทำลายในนาที m |

ข้อกําหนดต่อไปนี้มีผลบังคับใช้

* 1. คำนวณก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งโดยใช้เครื่องมือการคำนวณ T-VER-P-TOOL-02-05 การคำนวณอัตราการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกในกระแสก๊าซ
	2. การไหลของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งจะต้องถูกวัดอย่างต่อเนื่อง
	3. ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจก i ที่ต้องกำหนดการไหลของมวล
	4. สามารถใช้การคำนวณมวลโมเลกุลของกระแสก๊าซอย่างง่ายในเครื่องมือการคำนวณ
	T-VER-P-TOOL-02-05 การคำนวณอัตราการไหลของมวลของก๊าซเรือนกระจกในกระแสก๊าซ
	5. ช่วงเวลา t สำหรับการไหลของมวลควรใช้ค่าเฉลี่ยในทุกนาที m

 FCH4,m ซึ่งวัดจากการไหลของมวลในช่วงนาทีm จะต้องใช้เพื่อกําหนดมวลของก๊าซมีเทนในหน่วยกิโลกรัมที่ป้อนเข้าสู่ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในนาที m (FCH4,RG,m) โดย FCH4, m จะถูกกําหนดบนฐานแห้ง (dry basis)

**ขั้นตอนที่ 2 การกําหนดค่าประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ**

ประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการเผาไหม้ของระบบและเวลาที่ระบบเผาไหม้ทำงาน โดยแบ่งเป็นระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบเปิดและแบบปิด กรณีระบบเผาทำลาบก๊าซชีวภาพแบบเปิดกำหนดให้ใช้ค่า default สำหรับกรณีระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพระบบปิดผู้พัฒนาโครงการต้องกําหนดทางเลือกที่ใช้และต้องมีการติดตามข้อมูลตามทางเลือกที่เลือกใช้ ช่วงเวลาที่ระบบเผาทำลายทำงานต้องใช้อุปกรณ์ตรวจวัดเปลวไฟ หรือตามข้อกำหนดที่ผู้ผลิตระบุไว้

###  1) ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบเปิด (Open flare)

 กำหนดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบเปิดในนาที m (ηflare,m) เท่ากับ 50% เมื่อตรวจพบเปลวไฟในนาที m(Flamem) มิฉะนั้น ηflare,mมีค่าเป็น 0%

###  2) ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด (Enclosed flare)

ผู้พัฒนาโครงการอาจจะเลือกค่าประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพสําหรับนาที m (ηflare,m) จากสองทางเลือก ดังนี้

* ทางเลือก A: ใช้ค่า default
* ทางเลือก B: ตรวจวัดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

ในกรณีที่ข้อมูลสูญหายสําหรับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ตามทางเลือก B ข้างต้น ผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกที่จะปฏิบัติตามข้อกําหนดของทางเลือก A ทั้งนี้ ผู้พัฒนาโครงการจะต้องระบุทางเลือกนี้ไว้ในเอกสารข้อเสนอโครงการ (PDD)

###  ทางเลือก A: ค่า default

ประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพสำหรับนาที m (ηflare,m) เท่ากับ 90% เมื่อตรงตามเงื่อนไขสองข้อต่อไปนี้

1. อุณหภูมิของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (TEG,m) และอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งไปยังระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (FRG,m) ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดการใช้งานระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพของผู้ผลิต (SPECflare) ในนาที m และ
2. ตรวจพบเปลวไฟในนาที m(Flamem)

มิฉะนั้น ηflare,m เท่ากับ 0%

สำหรับระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดซึ่งถูกกําหนดให้เป็น Low height flare ประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพจะถูกปรับเป็นแนวทางอนุรักษ์นิยมโดยการลบ 10%2

###  ทางเลือก B: ตรวจวัดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

ประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในนาที m คือ ค่าที่ได้จากการตรวจวัดได้ (ηflare,m =ηflare,calc,m) เมื่อตรงตามเงื่อนไขต่อไปนี้ เพื่อแสดงให้เห็นว่าแสงแฟลร์ทํางานตามข้อกําหนดการทํางานของผู้ผลิต

1. อุณหภูมิระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (TEG,m) และ อัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งไปยังระบบ (FRG,m) อยู่ในข้อกําหนดการทํางานของผู้ผลิต (SPECflare) ในนาที m และ
2. ตรวจพบเปลวไฟในนาที m (Flamem)

มิฉะนั้น ηflare,mเท่ากับ 0%

การวัดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพผู้พัฒนาโครงการ สามารถดำเนินการได้ 2 วิธีดังนี้

 **ทางเลือก B.1** การตรวจวัดโดยหน่วยงานตรวจวัดที่ได้มาตรฐานอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง3

 **ทางเลือก B.2** การวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพทุกนาที

|  |
| --- |
| **ตัวอย่างแนวปฏิบัติการตรวจวัดเปลวไฟ (ทางเลือก B)**ผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกอุปกรณ์ตรวจวัดเปลวไฟที่เหมาะสมและคุ้มค่าสำหรับการดำเนินกิจกรรมของโครงการ เพื่อให้มั่นใจว่าปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกไม่ถูกประเมินเกินจริง โดยมีตัวอย่างดังนี้ตัวอย่างที่ 1 กิจกรรมโครงการเกี่ยวข้องกับการติดตั้งและการทำงานของระบบกักเก็บก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบและระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ เพื่อติดตามการทำงานของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ผู้พัฒนาโครงการควรติดตั้งเครื่องตรวจจับ UV/IR ซึ่งไวต่อทั้งความยาวคลื่นอัลตราไวโอเลตและอินฟราเรด และตรวจจับเปลวไฟโดยการเปรียบเทียบสัญญาณของทั้งสองช่วง เครื่องตรวจจับนี้ทำงานอย่างต่อเนื่องตัวอย่างที่ 2 กิจกรรมโครงการเกี่ยวข้องกับการติดตั้งและการทำงานของระบบรวบรวมกักเก็บก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์และระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อติดตามการทำงานของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ผู้พัฒนาโครงการควรติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภฒิ (thermocoples) เพื่อติดตามการทำงานของเปลวไฟ ซึ่งทำการวัดอุณหภูมิอย่างต่อเนื่อง  |

2 ตัวอย่างเช่น ค่า default ที่ใช้จะเป็น 80% แทนที่จะเป็น 90%

3 กรณีช่วงระยะเวลาติดตามผล (Monitoring period) น้อยกว่าหนึ่งปี ควรดำเนินการตรวจวัดอย่างน้อย 2 ครั้งในช่วงระยะเวลาติดตามผลและการตรวจวัดแต่ละครั้งมีระยะห่างในกรอบเวลาสูงสุดหกเดือน

###  ทางเลือก B.1: การตรวจวัดโดยหน่วยงานตรวจวัดที่ได้มาตรฐานอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง

ค่า ηflare,calc,m คำนวณจากค่าเฉลี่ยของการวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพปีละ 2 ครั้ง ในปี y (ηflare,calc,y) โดยมีการปรับค่าจากปัจจัยความไม่แน่นอน 5% ดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
| $$η\_{flare,calc,y}=1-\frac{1}{n}\sum\_{t=1}^{n}\left(\frac{F\_{CH4,EG,t} }{F\_{CH4,RG,t} }\right)- 0.05$$ | สมการที่ (2) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ηflare,calc,y | = | ประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ในปีy |
| FCH4,EG,t | = | ปริมาณของก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในช่วงเวลา t (kg) |
| FCH4,RG,t | = | ปริมาณของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในช่วงเวลา *t* (kg)  |
| t | = | จำนวน 2 ครั้งในปี yจากการวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ โดยใช้เวลาตรวจวัดแต่ละครั้งอย่างน้อย 1 ชั่วโมง และห่างกันอย่างน้อย 6 เดือน  |

ค่า FCH4,EG,t ได้จากการตรวจวัดเป็นไปตามมาตรฐานที่เหมาะสมและค่า FCH4,RG,t คํานวณตามขั้นตอนที่ 1 และประกอบด้วยผลรวมของปริมาณก๊าซมีเทนในนาที m ในช่วงเวลา t

|  |
| --- |
| **ตัวอย่างแนวปฏิบัติการวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (ทางเลือก B.1)**ผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกแนวทางในการวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมและคุ้มค่าสำหรับกิจกรรมของโครงการ โดยมีตัวอย่างดังนี้กิจกรรมโครงการเกี่ยวข้องกับการติดตั้งและการทำงานของระบบกักเก็บก๊าซชีวภาพขนาดเล็กและระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ผู้พัฒนาโครงการดำเนินการวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพโดยหน่วยงานที่ได้รับการรับรองเป็นรายครึ่งปี นิติบุคคลที่ได้รับการรับรองนี้ดำเนินการวัดสองครั้งต่อปีโดยจะตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง (kg) และปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (kg) อย่างน้อย 1 ชั่วโมง ประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในปี y คำนวณจากค่าเฉลี่ยของการวัด 2 ครั้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง โดยลบปัจจัยความไม่แน่นอนที่ 5 % |

### ทางเลือก B.2 การวัดประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพทุกนาที

ค่าประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (ηflare,calc,m) อ้างอิงจากการตรวจสอบปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสีย ปริมาณก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง และปริมาณอากาศที่ใช้ในกระบวนการในนาที m และในปี y ดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
|  ηflare,calc,m = 1- FCH4,EG,m   FCH4,RG,m |  สมการที่ (5) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ηflare,calc,m | = | ประสิทธิภาพของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ในนาที m |
| FCH4,EG,m | = | ปริมาณของก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (kg) |
| FCH4,RG,m | = | ปริมาณของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (kg) |

ค่า FCH4,RG,mคํานวณตามขั้นตอนที่ 1

ค่า FCH4,EG,mคำนวณตามขั้นตอนที่ 2.1 - 2.4 ดังนี้

**ขั้นตอนที่ 2.1 การคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียบนฐานแห้ง**

ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียคำนวณได้จากปริมาตรการไหลของก๊าซไอเสียและความเข้มข้นของก๊าซมีเทนที่วัดได้ในก๊าซไอเสียดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
| **FCH4,EG,m = VEG,m x fcCH4,EG,m x 10-6** | สมการที่ (6) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| FCH4,EG,m | = | ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (kg) |
| VEG,m | = | ปริมาตรก๊าซไอเสียจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (m3) |
| fcCH4,EG,m | = | ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (mg/m3) |

###  ขั้นตอนที่ 2.2 การคำนวณปริมาตรของก๊าซไอเสีย (VEG,m)

การคำนวณปริมาตรเฉลี่ยของก๊าซไอเสียในนาที mตามการคํานวณของกระบวนการเผาไหม้ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้และองค์ประกอบของก๊าซไอเสีย มีการคํานวณดังนี้

|  |  |
| --- | --- |
| **VEG,m = QEG,m x MRG,m** |  สมการที่ (7) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| VEG,m | = | ปริมาตรของก๊าซไอเสียบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (m3) |
| QEG,m | = | ปริมาตรของก๊าซไอเสียบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาทีm (m3 exhaust gas/kg residual gas) |
| MRG,m | = | ปริมาณก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (kg) |

### ขั้นตอนที่ 2.3 การคำนวณปริมาณของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง (MRG,m)

ผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกตรวจสอบปริมาณของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาทีm โดยตรงหรือตามขั้นตอนที่กําหนดในขั้นตอนนี้ ค่า MR*G*,m ได้จากการคำนวณปริมาตรและความหนาแน่นของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง ความหนาแน่นของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งจะถูกกําหนดตามสัดส่วนของส่วนประกอบทั้งหมดในก๊าซชีวภาพ

|  |  |
| --- | --- |
| **MRG,m = pRG,ref,m x VRG,m** | สมการที่ (8) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MRG,m | = | ปริมาณก๊าซเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (kg) |
| pRG,ref,m | = | ความหนาแน่นของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาทีm (kg/m3) |
| VRG,m | = | ปริมาตรก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m (m3) |

และ

|  |  |
| --- | --- |
| **pRG,ref,m = pref** **Ru x Tref** **MMRG,m** | สมการที่ (9) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| pRG,ref,m | = | ความหนาแน่นของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่สภาะอ้างอิงในนาทีm (kg/m3) |
| pref | = | ความดันบรรยากาศที่สภาะอ้างอิง (Pa) |
| Ru | = | ค่าคงที่ก๊าซในอุดมคติ (Pa⋅m3/kmol⋅K) |
| MMRG,m | = | มวลโมเลกุลของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที m (kg/ kmol) |
| Tref | = | อุณหภูมิที่สภาะอ้างอิง (K) |

ค่า MMRG,mคำนวณตามสมการที่ 10 โดยผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกอย่างใดอย่างหนึ่ง a) ใช้สัดส่วนปริมาตรที่วัดได้ของแต่ละองค์ประกอบ i ของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งหรือ b) อย่างง่าย โดยใช้สัดส่วนปริมาตรของก๊าซมีเทนและพิจารณาความแตกต่างเป็น 100% เป็นก๊าซไนโตรเจน (N2) โดยใช้สมการเช่นเดียวกันโดยไม่คํานึงถึงตัวเลือกที่ถูกเลือก

|  |  |
| --- | --- |
| **MMRG,m = ∑ (Vi,RG,m x MMi)**   i | สมการที่ (10) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MMRG,m | = | มวลโมเลกุลของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที m (kg/km) |
| MMi | = | มวลโมเลกุลของส่วนประกอบก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งi (kg/km) |
| Vi,RG,m | = | สัดส่วนปริมาตรของส่วนประกอบ iในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในชั่วโมง h |
| i | = | ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง ในกรณีทางเลือก (a) ค่า i = CH4, CO, CO2, O2, H2, H2S, NH3, N2 หรือทางเลือก (b) ค่า i = CH4 และ N2 |

###  ขั้นตอนที่ 2.4 การคำนวณปริมาตรของก๊าซไอเสียบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง (QEG,m)

ค่าQEG,m คำนวณได้ตามสมการที่ 11

|  |  |
| --- | --- |
| **QEG,m = QCO2,EG,m + QO2,EG,m + QN2,EG,m**   |  สมการที่ (11) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| QEG,m | = | ปริมาตรของก๊าซไอเสียบนฐานแห้งต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m (m3/kg residual gas) |
| QCO2,EG,m | = | ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m (m3/kg residual gas) |
| QO2,EG,m | = | ปริมาณก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m (m3/kg residual gas) |
| QN2,EG,m | = | ปริมาณก๊าซไนโตรเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m (m3/kg residual gas) |

 และ

|  |  |
| --- | --- |
| **QO2,EG,m = nO2,EG,m x VMref**  | สมการที่ (12) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| QO2,EG,m | = | ปริมาณก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m(m3/kg residual gas) |
| nO2,EG,m | = | ปริมาณก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่ถูกเผาทำลายพื้นฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m(kmol / kg residual gas) |
| VMref | = | ปริมาตรของหนึ่งโมลของก๊าซในอุดมคติที่อุณหภูมิและความดันอ้างอิง (m3/kmol) |

|  |  |
| --- | --- |
| $$Q\_{n2,EG,m}=VM\_{ref }x \left(\left(\frac{MF\_{N,RG,m} }{2 x AM\_{N} }\right. +\left(\frac{1- v\_{O2,air} }{v\_{O2,air} }\right) x \left(F\_{O2,RG,m} +n\_{O2,RG,m} \right)\right)$$ | สมการที่ (13) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| QN2,EG,m | = | ปริมาณก๊าซไนโตรเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m(m3 / kg residual gas) |
| VMref | = | ปริมาตรของหนึ่งโมลของก๊าซในอุดมคติที่อุณหภูมิและความดันอ้างอิง (m3 / kmol) |
| MFN,RG,m | = | ปริมาณก๊าซไนโตรเจนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาทีm |
| AMN | = | มวลอะตอมของไนโตรเจน (kg/kmol) |
| vO2,air | = | ปริมาตรของก๊าซออกซิเจนในอากาศ |
| FO2,RG,m | = | ปริมาณ Stochiometric ของโมลของก๊าซออกซิเจนที่จําเป็นสําหรับการออกซิเดชั่นที่สมบูรณ์ของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งใน 1 กิโลกรัมในนาทีm(kmol/ kg residual gas) |
| nO2,EG,m | = | ปริมาณก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่ถูกเผาทำลายบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m(kmol/ kg residual gas) |

|  |  |
| --- | --- |
|  **QCO2,EG,m = MFC,RG, m x VMref** **AMC** | สมการที่ (14) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| QCO2,EG,m | = | ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m (m3 / kg residual gas)  |
| MFC,RG, m | = | สัดส่วนโดยมวลของคาร์บอนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาทีm |
| AMc  | = | มวลอะตอมของคาร์บอน (kg/kmol) |
| VMref | = | ปริมาตรของหนึ่งโมลของก๊าซในอุดมคติที่อุณหภูมิอ้างอิงและความดัน (m3 / kmol) |

|  |  |
| --- | --- |
| $$n\_{O2,EG,m}=\frac{v\_{O2,EG,m}}{\left(1- \left(\frac{v\_{O2,EG,m}}{v\_{O2,air}}\right)\right)}x \left(\left(\frac{MF\_{C,RG,m} }{AM\_{C} }\right. +\frac{MF\_{N,RG,m} }{2 x AM\_{N} } +\left(\frac{1- v\_{O2,air} }{v\_{O2,air} }\right) x F\_{O2,RG,m}\right)$$ | สมการที่ (15) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| nO2,EG,m | = | ปริมาณก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียต่อกิโลกรัมของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งวูบวาบบน พื้นฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m (kmol / kg residual gas) |
| vO2,EG,m | = | สัดส่วนปริมาตรของก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m |
| vO2,air | = | สัดส่วนปริมาตรของก๊าซออกซิเจนในอากาศ  |
| MFC,RG,m | = | สัดส่วนโดยมวลของคาร์บอนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาทีm |
| AMC | = | มวลอะตอมของคาร์บอน (kg / kmol) |
| MFN,RG,m | = | สัดส่วนโดยมวลของก๊าซไนโตรเจนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาทีm |
| AMN | = | มวลอะตอมของก๊าซไนโตรเจน (kg / kmol) |
| FO2,RG,m | = | ปริมาณ Stochiometric ของโมลของก๊าซออกซิเจนที่จําเป็นสําหรับการออกซิเดชั่นที่สมบูรณ์ของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง 1 กิโลกรัมในนาทีm (kmol / kg residual gas) |

|  |  |
| --- | --- |
|  **MFC,RG,m  MFH,RG,m MFO,RG,m** **FO2,RG,m = + -**  **AMC 4AMH 2AMO** | สมการที่ (16) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| FO2,RG,m | = | ปริมาณ Stochiometric ของโมลของก๊าซออกซิเจนจําเป็นสําหรับการออกซิเดชั่นที่สมบูรณ์ของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง 1 กิโลกรัมในนาทีm (kmol / kg residual gas) |
| MFC,RG,m | = | สัดส่วนโดยมวลของคาร์บอนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาทีm |
| AMC | = | มวลอะตอมของคาร์บอน (kg / kmol) |
| MFO,RG,m | = | สัดส่วนโดยมวลของก๊าซออกซิเจนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาทีm |
| AMO | = | มวลอะตอมของก๊าซออกซิเจน (kg / kmol) |
| MFH,RG,m | = | สัดส่วนโดยมวลของก๊าซไฮโดรเจนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาทีm |
| AMH | = | มวลอะตอมของก๊าซไฮโดรเจน (kg / kmol) |

ค่าสัดส่วนโดยมวลของคาร์บอน ก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซออกซิเจนและก๊าซไนโตรเจนในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งโดยใช้สัดส่วนโดยปริมาตรของส่วนประกอบi ในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง คำนวณได้ตามสมการที่ 17 ในการใช้สมการนี้ ผู้พัฒนาโครงการอาจเลือกที่จะ a) ใช้สัดส่วนโดยปริมาตรที่วัดได้ของแต่ละองค์ประกอบ iของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งหรือ (b) ตรวจวัดสัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซมีเทนและพิจารณาความแตกต่างเป็น 100% ว่าเป็นก๊าซไนโตรเจน สมการเดียวกันนี้ใช้โดยไม่คํานึงถึงตัวเลือกที่ถูกเลือก

|  |  |
| --- | --- |
| **MFj,RG,m**= ∑ **vi,RG,m****x** **AMj** **x NAj,i**  i  **MMRG,m** | สมการที่ (17) |

โดยที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MFj,RG,m | = | สัดส่วนโดยมวลขององค์ประกอบ j ในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาทีm |
| vi,RG,m | = | ปริมาตรของส่วนประกอบ iในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งในนาทีm |
| AMj | = | มวลอะตอมของธาตุ j (kg / kmol) |
| NAj,i | = | จํานวนอะตอมของธาตุ j ในส่วนประกอบi |
| MMRG,m | = | มวลโมเลกุลของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งในนาที m (kg / kmol) |
| j | = | องค์ประกอบ C, O, H และ N |
| i | = | ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้ง หากตัวเลือก (a) ถูกเลือกเพื่อวัดสัดส่วนโดยปริมาตร i = CH4, CO, CO2, O2, H2, H2S, NH3, N2 หรือหากเลือกตัวเลือก (b) แล้ว i = CH4 และ N2 |

 สําหรับประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดในนาที m (ηflare,m) จะถูกปรับเป็นแนวทางอนุรักษ์นิยมโดยการลบประสิทธิภาพ 10 % ตัวอย่างเช่น หากค่าที่วัดได้คือ 99% ค่าที่นำไปใช้จะเป็น 89%

**5. ขั้นตอนวิธีการติดตามผล**

**5.1 ขั้นตอนการติดตามผล**

1. ให้ผู้พัฒนาโครงการอธิบายและระบุขั้นตอนการติดตามผลข้อมูลกิจกรรมโครงการ (Activity data) หรือตรวจสอบผลการตรวจวัดทั้งหมดในเอกสารข้อเสนอโครงการ รวมถึงประเภทของเครื่องมือตรวจวัดที่ใช้ ผู้รับผิดชอบในการติดตามผลและตรวจสอบข้อมูล การสอบเทียบเครื่องมือวัด (ถ้ามี) และขั้นตอนการรับประกันและควบคุมคุณภาพ ในกรณีที่วิธีการมีตัวเลือกที่แตกต่างกัน เช่น การใช้ค่าเริ่มต้นหรือการตรวจวัดที่หน้างาน ผู้พัฒนาโครงการต้องระบุว่าจะใช้ตัวเลือกใด นอกจากนี้การติดตั้ง ดูแลรักษา และสอบเทียบเครื่องมือตรวจวัดควรดำเนินการตามคำแนะนำของผู้ผลิตอุปกรณ์และเป็นไปตามมาตรฐานภายในประเทศ หรือมาตรฐานสากล เช่น IEC, ISO
2. ข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมเป็นส่วนหนึ่งของการติดตามผลการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งควรจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์และมีระยะเวลาเก็บรักษาเป็นไปตามแนวทางที่ อบก. กำหนด หรือตามระบบคุณภาพขององค์กรแต่มีระยะเวลาไม่น้อยกว่าที่ อบก. กำหนดไว้อย่างน้อย 2 ปีหลังจากสิ้นสุดระยะเวลาคิดคาร์บอนเครดิตครั้งล่าสุด และควรตรวจสอบข้อมูลให้ถูกต้องตามวิธีการติดตามผลที่ระบุในพารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผลที่ระบุไว้ในตารางหัวข้อที่ 5.2

**5.2. พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล**

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | FCH4, EG, t |
| หน่วย | kg |
| ความหมาย | ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในช่วงเวลา t |
| แหล่งข้อมูล | ผลการตรวจวัดจากหน่วยงานที่ได้รับการรับรอง |
| การติดตามผล | ตรวจวัดการไหลของก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียเป็นไปตามมาตรฐานที่เหมาะสม เวลา t เป็นการตรวจวัดการไหลของมวลอย่างน้อย 1 ชั่วโมง และห่างกันอย่างน้อย 6 เดือน อัตราการไหลเฉลี่ยต่อการเผาทำลายในเวลา tต้องมากกว่าอัตราการไหลเฉลี่ยย้อนหลัง 6 เดือน |
| ความถี่ในการติดตามผล | 2 ครั้งต่อปี |
| ขั้นตอน QA / QC  | ตามมาตรฐาน |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | จําเป็นต้องมีการตรวจวัดพารามิเตอร์นี้ในกรณีที่ใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดและผู้พัฒนาโครงการเลือก B.1 เพื่อกําหนดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | TEG,m |
| หน่วย | องศาเซลเซียส |
| ความหมาย | อุณหภูมิของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในนาที *m* |
| แหล่งข้อมูล | ตรวจวัดจากผู้พัฒนาโครงการ |
| การติดตามผล | ตรวจวัดอุณหภูมิของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสม และการตรวจวัดนอกอุณหภูมิการทํางานที่ระบุโดยผู้ผลิตอาจระบุว่าระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพทํางานไม่ถูกต้องและอาจจําเป็นต้องมีการบํารุงรักษา ผู้ผลิตระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพจะต้องจัดเตรียมแนวทางการตรวจสอบอุณหภูมิของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่เหมาะสม ซึ่งคาดว่าจะอยู่ในระยะ 1 ส่วน 3 ของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในกรณีที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิมากกว่า 1 ตัว ผู้ผลิตระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพจะต้องแนะนำเงื่อนไขที่จะติดตั้งในแต่ละตําแหน่งที่เหมาะสมที่สุดสําหรับการตรวจสอบการทํางานของระบบ  |
| ความถี่ในการติดตามผล | 1 ครั้งต่อนาที |
| ขั้นตอน QA / QC  | ควรเปลี่ยนหรือสอบเทียบอุปกรณ์วัดอุณหภูมิตามตารางการบํารุงรักษา |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | การเปลี่ยนแปลงที่ไม่คาดคิด เช่นอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น / ลดลงอย่างฉับพลันอาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เหตุการณ์เหล่านี้ควรถูกบันทึกไว้พร้อมกับการดําเนินการแก้ไขใดๆ ที่ดําเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาการตรวจสอบพารามิเตอร์นี้สามารถใช้ได้ในกรณีที่เลือกใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด และการตรวจวัดต้องเป็นเป็นไปตามข้อกําหนดของผู้ผลิต |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | Vi,RG,m |
| หน่วย | - |
| ความหมาย | สัดส่วนปริมาตรของส่วนประกอบ i ในก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในชั่วโมง h |
| แหล่งข้อมูล | การตรวจวัดโดยผู้พัฒนาโครงการโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซแบบต่อเนื่อง |
| การติดตามผล | การตรวจวัดอาจทําทั้งบนฐานแห้งหรือฐานเปียก ทั้งนี้กรณีใช้ฐานเปียกให้ดำเนินการแปลงเป็นฐานแห้ง  |
| ความถี่ในการติดตามผล | ดำเนินการตรวจวัดอย่างต่อเนื่องโดยเฉลี่ยเป็นนาที |
| ขั้นตอน QA / QC  | เครื่องวิเคราะห์จะต้องได้รับการสอบเทียบตามคําแนะนําของผู้ผลิต  |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | ผู้พัฒนาโครงการสามารถตรวจวัดปริมาณ CH4, CO และ CO2 ของก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งเท่านั้น และพิจารณาส่วนที่เหลือเป็น N2 การตรวจวัดพารามิเตอร์นี้ใช้ได้เฉพาะในกรณีของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด และการตรวจวัดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด การตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทนจะต้องใกล้กับอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดการไหลของก๊าซชีวภาพ  |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | VRG,m |
| หน่วย | m3 |
| ความหมาย | ปริมาตรก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m |
| แหล่งข้อมูล | การตรวจวัดโดยผู้พัฒนาโครงการโดยใช้เครื่องวัดอัตราการไหล |
| การติดตามผล | เครื่องมือที่บันทึกได้ด้วยสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ (อะนาล็อกหรือ ดิจิตอล) |
| ความถี่ในการติดตามผล | ต่อเนื่อง โดยเป็นค่าเฉลี่ยนาที |
| ขั้นตอน QA / QC  | เครื่องวัดอัตราการไหลจะต้องได้รับการสอบเทียบตามคําแนะนําของผู้ผลิต |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | 1) ใช้ในกรณีที่ผู้พัฒนาโครงการเลือกใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด และการตรวจวัดประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งกรณีที่ผู้พัฒนาโครงการเลือกที่จะคํานวณ VRG,m แทนการตรวจวัด2) การตรวจวัดพารามิเตอร์นี้ต้องดำเนินการตามข้อกําหนดของผู้ผลิตสําหรับอัตราการไหล/ค่าความหนาแน่นความร้อน โดยอัตราการไหลมีหน่วยเป็น m3 / h |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | MRG,m |
| หน่วย | kg |
| ความหมาย | ปริมาณก๊าซชีวภาพเหลือทิ้งบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m |
| แหล่งข้อมูล | - |
| การติดตามผล | เครื่องมือที่บันทึกได้ด้วยสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ (อะนาล็อกหรือดิจิตอล) |
| ความถี่ในการติดตามผล | ต่อเนื่อง โดยเป็นค่าเฉลี่ยนาที |
| ขั้นตอน QA / QC  | การสอบเทียบโดยห้องปฏิบัติการได้รับการรับรอง ทั้งนี้จำนวนการสอบเทียบ และ ความถี่ในการสอบเทียบเป็นไปตามข้อแนะนำของผู้ผลิต |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | 1) ใช้ในกรณีที่ใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด และการตรวจสอบประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพอย่างต่อเนื่องและกรณีผู้พัฒนาโครงการเลือกที่จะคํานวณ MRG,mแทนการคํานวณ2) การตรวจวัดพารามิเตอร์นี้ต้องดำเนินการตามข้อกําหนดของผู้ผลิต สําหรับอัตราการไหล/ค่าความหนาแน่นความร้อน โดยอัตราการไหลมีหน่วยเป็น m3 / h |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | VO2,EG,m |
| หน่วย | - |
| ความหมาย | สัดส่วนปริมาตรของก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิงในนาที m |
| แหล่งข้อมูล | การตรวจวัดโดยผู้พัฒนาโครงการโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซแบบต่อเนื่อง |
| การติดตามผล | เครื่องวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างแบบสกัดด้วยน้ําและอนุภาคหรือเครื่องวิเคราะห์ในแหล่งกําเนิดเพื่อการวิเคราะห์บนฐานเปียก จุดตรวจวัดจะอยู่ส่วนบนของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (80% ของความสูงเปลวไฟ) การสุ่มตัวอย่างจะต้องดําเนินการด้วยหัววัดการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมกับระดับอุณหภูมิที่สูง (เช่น หัววัด inconel)  |
| ความถี่ในการติดตามผล | ต่อเนื่อง โดยเป็นค่าเฉลี่ยนาที |
| ขั้นตอน QA / QC  | เครื่องวิเคราะห์จะต้องได้รับการสอบเทียบตามคําแนะนําของผู้ผลิต การตรวจสอบศูนย์และการตรวจสอบค่าทั่วไปควรดําเนินการโดยเปรียบเทียบกับก๊าซมาตรฐาน |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | การตรวจสอบพารามิเตอร์นี้ใช้ได้เฉพาะในกรณีระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดและการตรวจวัดประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง  |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | FcCH4,EG,m |
| หน่วย | mg/m3 |
| ความหมาย | ปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซไอเสียจากระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพบนฐานแห้งที่สภาวะอ้างอิง ในนาที m |
| แหล่งข้อมูล | การวัดโดยผู้พัฒนาโครงการโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซแบบต่อเนื่อง |
| การติดตามผล | เครื่องวิเคราะห์การสุ่มตัวอย่างแบบสกัดด้วยน้ําและอนุภาคหรือเครื่องวิเคราะห์ในแหล่งกําเนิดเพื่อการวิเคราะห์พื้นฐานแบบเปียก จุดตรวจวัดจะอยู่ส่วนบนของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ (80% ของความสูงเปลวไฟ) การสุ่มตัวอย่างจะต้องดําเนินการด้วยหัววัดการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมกับระดับอุณหภูมิที่สูง (เช่น หัววัด inconel) |
| ความถี่ในการติดตามผล | ต่อเนื่อง โดยเป็นค่าเฉลี่ยนาที |
| ขั้นตอน QA / QC  | เครื่องวิเคราะห์จะต้องได้รับการสอบเทียบตามคําแนะนําของผู้ผลิต การตรวจสอบศูนย์และการตรวจสอบค่าทั่วไปควรดําเนินการโดยเปรียบเทียบกับก๊าซมาตรฐาน |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | ใช้ได้เฉพาะในกรณีระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดและการตรวจวัดประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องเครื่องมือวัดอ่านค่าเป็น ppmv หรือ % โดยคูณด้วย 0.716 จะได้หน่วยเป็น mg/ m3  |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | Flamem |
| หน่วย | การเปิดและการปิดระบบระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ |
| ความหมาย | การตรวจจับเปลวไฟของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพในนาทีm |
| แหล่งข้อมูล | การตรวจวัด |
| การติดตามผล | ตรวจวัดโดยใช้เครื่องตรวจจับเปลวไฟแบบออพติคอลแบบติดตั้งกับระบบ เช่น เครื่องตรวจจับอัลตร้าไวโอเล็ต หรืออินฟาเรด เป็นต้น |
| ความถี่ในการติดตามผล | 1 ครั้งต่อนาที บันทึกการตรวจจับเปลวไฟเป็นนาทีในกรณีเปิดระบบ และบันทึกการตรวจจับเปลวไฟเป็นนาทีในกรณีปิดระบบ |
| ขั้นตอน QA / QC  | อุปกรณ์จะต้องได้รับการบํารุงรักษาและสอบเทียบตามคําแนะนําของผู้ผลิต |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | ใช้ได้กับระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพทุกประเภท |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | Maintenancey |
| หน่วย | วันที่ |
| ความหมาย | กิจกรรมการบํารุงรักษาในปีy |
| แหล่งข้อมูล | ผู้พัฒนาโครงการ |
| การติดตามผล | บันทึกการบํารุงรักษาทุกด้านรวมถึงรายละเอียดของบุคคลากร ชิ้นส่วนที่เปลี่ยนหรือจําเป็นต้องเปลี่ยน แหล่งที่มาของชิ้นส่วนอะไหล่ หมายเลขซีเรียลและใบรับรองการสอบเทียบ |
| ความถี่ในการติดตามผล | ทุกปี |
| ขั้นตอน QA / QC  | บันทึกการบํารุงรักษาต้องเก็บไว้อย่างน้อย 2 ปี หลังจากการเลิกใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | 1) ใช้สําหรับกรณีระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิดและผู้พัฒนาโครงการเลือกตัวเลือก B เพื่อคำนวณประสิทธิภาพระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ2) บันทึกการบํารุงรักษาจำเป็นสำหรับเปรียบเทียบกับตารางการบํารุงระบุรักษาโดยผู้ผลิต (SPECFlare)  |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | GWPCH4 |
| หน่วย | tCO2e/tCH4 |
| ความหมาย | ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน |
| แหล่งข้อมูล | ใช้ข้อมูลจากรายงานประเมินสถานการณ์ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC Assessment Report) ที่จัดทำโดยคณะกรรมาธิการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change หรือ IPCC ที่ประกาศโดย อบก. |
| วิธีการติดตามผล | **สำหรับการจัดทำเอกสารข้อเสนอโครงการ*** ใช้ค่า GWPCH4 ล่าสุดตามที่ อบก. ประกาศ

**สำหรับการติดตามผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก*** ใช้ค่า GWPCH4 ตามที่ อบก. ประกาศ สำหรับประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามช่วงระยะเวลาคิดเครดิต (Crediting Period) ที่ขอรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจก
 |

**5.3 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล**

**5.3.1 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผลจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพ**

 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผลรวมถึงค่าคงที่ที่ใช้ในสมการดังแสดงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ค่าคงที่ที่ใช้ในสมการ

| **พารามิเตอร์** | **หน่วย** SI | **ความหมาย** | **ค่า** |
| --- | --- | --- | --- |
| MMCH4 | kg/kmol | มวลโมเลกุลของก๊าซมีเทน | 16.04 |
| MMCO | kg/kmol | มวลโมเลกุลของก๊าซาร์บอนมอนอกไซด์ | 28.01 |
| MMCO2 | kg/kmol | มวลโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ | 44.01 |
| MMO2 | kg/kmol | มวลโมเลกุลของก๊าซออกซิเจน | 32.00 |
| MMH2 | kg/kmol | มวลโมเลกุลของก๊าซไฮโดรเจน | 2.02 |
| MMN2 | kg/kmol | มวลโมเลกุลของก๊าซไนโตรเจน | 28.02 |
| AMC | kg/kmol (g/mol) | มวลอะตอมของคาร์บอน | 12.00 |
| AMH | kg/kmol (g/mol) | มวลอะตอมของไฮโดรเจน | 1.01 |
| AMo | kg/kmol (g/mol) | มวลอะตอมของออกซิเจน | 16.00 |
| AMN | kg/kmol (g/mol) | มวลอะตอมของไนโตรเจน | 14.01 |
| Pref | N/m3 หรือ Pa | ความดันบรรยากาศที่สภาวะอ้างอิง | 101,325 |
| Ru | J / kmol⋅K | ค่าคงที่ก๊าซในอุดมคติ | 0.008314472 |
| Tref | K | อุณหภูมิที่สภาวะอ้างอิง | 273.15 |
| Vo2,air | - | O2 เศษส่วนปริมาตรของอากาศ | 0.21 |
| GWPCH4 | tCO2 / tCH4 | ศักยภาพภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน | 25 |
| MVn | m3/kmol | ปริมาตรของหนึ่งโมลของก๊าซในอุดมคติใดๆ ที่สภาวะอ้างอิง | 22.414 |
| ρCH4, n | kg/m3 | ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนที่สภาวะอ้างอิง | 0.716 |
| NAi,j | - | จํานวนอะตอมของธาตุ j ในส่วนประกอบ i  |  |
| VMref | kg/m3 | ปริมาตรของหนึ่งโมลของก๊าซในอุดมคติที่อุณหภูมิอ้างอิงและความดัน | 22.4 |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | SPECflare |
| หน่วย | อุณหภูมิ มีหน่วยเป็น °Cอัตราการไหลหรือฟลักซ์ความร้อน มีหน่วยเป็น kg/h หรือ m3/hกําหนดการบํารุงรักษา มีหน่วยเป็น จํานวนวัน |
| ความหมาย | ข้อกําหนดการทำงานของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพจากผู้ผลิต เช่น อุณหภูมิ อัตราการไหลและตารางการบํารุงรักษา  |
| แหล่งข้อมูล | ผู้ผลิตระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพ |
| ค่าการนำไปใช้ | เอกสารใน PDD จะกำหนดข้อกําหนดการทํางานของระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่กําหนดโดยผู้ผลิต ดังต่อไปนี้1. อัตราการไหลขาเข้าต่ำสุดและสูงสุดหากจําเป็นเปลี่ยนเป็นอัตราการไหลที่สภาวะอ้างอิงหรือฟลักซ์ความร้อน
2. อุณหภูมิในการทํางานต่ำสุดและสูงสุด และ
3. ระยะเวลาสูงสุดเป็นจํานวนวันระหว่างเหตุการณ์การบํารุงรักษา
 |
| ความคิดเห็นอื่นๆ | ใช้ได้เฉพาะในกรณีเลือกใช้ระบบเผาทำลายก๊าซชีวภาพแบบปิด ไม่จําเป็นต้องกําหนดการบํารุงรักษาหากเลือกตัวเลือก A เพื่อกําหนดประสิทธิภาพอของระบบเผาทำลายก๊าซธรรมชาติแบบปิด |

**6. เอกสารอ้างอิง**

CDM Methodological tool:

TOOL06: Project emissions from flaring version 04.0

TOOL08: Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream version 03.0

|  |
| --- |
| **บันทึกการแก้ไข T-VER-P-TOOL-02-04** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ฉบับที่** | **แก้ไขครั้งที่** | **วันที่บังคับใช้** | **รายการแก้ไข** |
| 01 | - | 1 มีนาคม 2566 | เปลี่ยนแปลงจากรหัสเอกสารเดิม TVER-TOOL-02-04 Version 01 |
| 01 | - | 30 พฤศจิกายน 2565 | การเริ่มใช้ครั้งแรก |