

## บทที่ 3

### ขอบเขต และวิธีการศึกษา

#### 1. ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาและประเมินทางเลือกในการปรับปรุงการเดินเครื่องโรงไฟฟ้าแม่เมาะเครื่องที่ 1-3 อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยให้มีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่เกิน 1,300 ppm ซึ่งมี 4 ทางเลือกตามที่มีผู้เสนอให้กฟผ. คือ 1. การใช้ถ่านหินกำมะถันต่ำ 2. การใช้เตาเผาแบบ Circulating Fluidized Bed 3. การใช้ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบเปียก และ 4. การใช้ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบแห้ง และเปรียบเทียบทางเลือกต่างๆ หาข้อสรุปแนวทางการที่เหมาะสมที่สุด

#### 2. วิธีการศึกษา

การประเมินทางเลือกในการปรับปรุงการเดินเครื่องโรงไฟฟ้าแม่เมาะเครื่องที่ 1-3 ได้ใช้กระบวนการตัดสินใจ Analytic Hierarchy Process โดยดำเนินการตามขั้นตอน 1-7 ที่ได้อธิบายไว้ใน บทที่ 2 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ให้คำจำกัดความประเด็นของปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดเกณฑ์หรือปัจจัยในการตัดสินใจ

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดทางเลือก

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างแผนภูมิระดับชั้น

ขั้นตอนที่ 5 วิจัยเปรียบเทียบเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ

ขั้นตอนที่ 6 วิจัยเปรียบเทียบหรือจัดอันดับทางเลือกต่างๆภายใต้เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจแต่ละเกณฑ์

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณหาทางเลือกที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากลำดับความสำคัญเป็นเกณฑ์

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ทำการศึกษาได้จัดขั้นตอนของ AHP ดังกล่าวออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

### ส่วน ก. การเตรียมข้อมูล

การเตรียมข้อมูล เป็นส่วนของการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการประเมินทางเลือก ประกอบด้วยขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 4 ดังนี้

1. การกำหนดคำจำกัดความของปัญหา
2. กำหนดเกณฑ์หรือปัจจัยในการตัดสินใจ
3. กำหนดทางเลือก
4. การสร้างแผนภูมิตะดับชั้น

### ส่วน ข. ผลการศึกษาการประเมินทางเลือก

การประเมินทางเลือกประกอบด้วยขั้นตอนที่ 5 ถึงขั้นตอนที่ 7 ดังนี้

1. วิจัยเปรียบเทียบเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ
2. วิจัยเปรียบเทียบหรือจัดอันดับทางเลือกต่างๆภายใต้เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจแต่ละเกณฑ์
3. คำนวณหาทางเลือกที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากลำดับความสำคัญเป็นเกณฑ์

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ทำการศึกษาได้ระบุขั้นตอนและวิธีการในการเตรียมข้อมูลเพื่อทำการศึกษาไว้ในบทนี้แล้ว ส่วนผลการศึกษาในส่วนของการประเมินทางเลือก ได้แสดงไว้ในบทที่ 4

## ส่วนก. การเตรียมข้อมูล

### 1. การกำหนดค่าจำกัดความของปัญหา

ในการศึกษาค้างนี้ ได้กำหนดค่าจำกัดความของปัญหาดังนี้  
หาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ  
เครื่องที่ 1-3 เพื่อให้เดินเครื่องได้โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่  
บรรยากาศ ไม่เกินข้อกำหนดของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม  
คือ 1,300 ppm

### 2. การกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ

เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ เพื่อประเมินทางเลือกในการปรับปรุงการเดินเครื่องโรง  
ไฟฟ้าแม่เมาะเครื่องที่ 1-3 เป็นการกำหนดโดยผู้ทำการศึกษา มี 7 เกณฑ์ ดังนี้

#### 2.1 อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal rate of return : IRR)

อัตราผลตอบแทนของการลงทุนในแต่ละทางเลือกวัดจาก internal rate  
of return ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งของการประเมินค่าโครงการลงทุน โดยวิธีการคำนวณ  
ส่วนลดกระแสเงินสด ที่จะสามารถช่วยลดข้อบกพร่องด้าน ค่าของเงินตามเวลาที่  
ต่างกันได้ โดยใช้สมมติฐาน และผลการคำนวณในภาคผนวก ก.

#### 2.2 ค่าใช้จ่าย (Cost)

ค่าใช้จ่ายของแต่ละทางเลือกจะมีผลกระทบต่อการลงทุนของกฟผ. ซึ่ง  
การคิดเงินค่าใช้จ่ายนี้จะใช้มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายตลอดระยะเวลาของโครง  
การซึ่งรวมเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ลดค่าโดยใช้ค่าของทุนของ  
แต่ละทางเลือก โดยใช้สมมติฐาน และผลการคำนวณในภาคผนวก ก.

#### 2.3 ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ใหม่ในการดักจับ SO<sub>2</sub> จากก๊าซที่เกิดจากการ เผาไหม้ของเครื่องกำเนิดไอน้ำ (SO<sub>2</sub> removal Efficiency : EFF)

ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ใหม่แต่ละทางเลือกวัดได้จากปริมาณ SO<sub>2</sub> ที่  
เข้าและออกโดยใช้สูตร

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{ปริมาณ SO}_2 \text{ ที่เข้าไปในอุปกรณ์ใหม่}}{\text{ปริมาณ SO}_2 \text{ ที่ออกจากอุปกรณ์ใหม่}} \times 100 \%$$

ค่าประสิทธิภาพจะหาได้จากรายละเอียดทางเทคนิคของแต่ละทางเลือก

2.4 ความสะดวกในการเดินเครื่องและการบำรุงรักษา (Ease of operation and maintenance : Ease)

ในแต่ละทางเลือกอาจจะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม ซึ่งอาจจะเป็นอุปกรณ์ใหม่ เทคโนโลยีใหม่ที่ผู้ปฏิบัติงานทั้งด้านเดินเครื่องและด้านบำรุงรักษาไม่คุ้นเคย ซึ่งจะทำให้การทำงานในระยะยาวอาจมีปัญหาการขัดข้องได้

ค่าความสะดวกในการเดินเครื่องและการบำรุงรักษาจะให้การพิจารณาจากประสบการณ์ของผู้ทำการศึกษา

2.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์ (Duration of installation : Duration)

ในการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมของแต่ละทางเลือก จะต้องใช้ระยะเวลาและโรงไฟฟ้าอาจจะต้องหยุดเดินเครื่องเพื่อนำอุปกรณ์ใหม่ต่อเข้าระบบ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

ระยะเวลาที่ใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์ จะใช้ระยะเวลาตามรายละเอียดทางเทคนิคของแต่ละทางเลือก

2.6 ผลกระทบต่อการจราจร (Effect to traffic : Traffic)

ในแต่ละทางเลือกจะต้องมีการใช้วัสดุดิบในกระบวนการ เช่น หินปูน และ ถ่านหินกำมะถันต่ำที่ซื้อจากภายนอก เป็นต้น ซึ่งจะต้องมีการขนส่งวัสดุดิบทางรถบรรทุก และจะส่งผลกระทบต่อความคับคั่งของการจราจร การเพิ่มโอกาสการเกิดอุบัติเหตุของผู้ใช้ถนนได้

ผลกระทบจากการจราจรพิจารณาจากจำนวนรถบรรทุกที่ขนส่งถ่านหินที่ซื้อจากภายนอกเหมืองแม่เมาะ เท่านั้น เพราะหินปูนที่ใช้ นั้น สามารถนำมาจากเหมืองหินปูนที่อยู่ในบริเวณเหมืองแม่เมาะได้

2.7 การใช้ถ่านหินจากเหมืองแม่เมาะ (Utilization of Mae Mo's coal : Coal U)

ถ่านหินที่มีอยู่ในเหมืองแม่เมาะ เป็นทรัพยากรของประเทศที่มีอยู่แล้ว การนำถ่านหินจากเหมืองแม่เมาะมาใช้จึงเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้อย่างได้ประโยชน์สูงสุด ซึ่งในแต่ละทางเลือกมีการใช้ถ่านหินจากเหมืองแม่เมาะในปริมาณที่ต่างกัน

การใช้ถ่านหินจากเหมืองแม่เมาะจะวัดจากปริมาณถ่านหินลิกไนต์ที่ใช้ตลอดอายุของโครงการของแต่ละทางเลือก

### 3. การกำหนดทางเลือก

การลดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ของโรงไฟฟ้าทำได้หลายวิธี วิธีที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้กับโรงไฟฟ้าแม่เมาะเครื่องที่ 1-3 มี 4 ทางเลือกด้วยกัน คือ

1. การใช้ถ่านหินกำมะถันต่ำ (Low sulfur coal : Low S Coal)
2. การใช้เตาเผาแบบCirculated Fluidized Bed (CFB Boiler : CFB)
3. การใช้ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบเปียก (Wet type Flue Gas Desulfurization System : FGD WET)
4. การใช้ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบแห้ง (Dry type Flue Gas Desulfurization System : FGD DRY)

ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.1 การใช้ถ่านหินกำมะถันต่ำ (Low Sulfur Coal)

โรงไฟฟ้าแม่เมาะใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งถ่านหินที่มีอยู่ที่เหมืองแม่เมาะมีแร่กำมะถันผสมอยู่ถึง 2.5 - 3 % และเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เมื่อผ่านกระบวนการเผาไหม้แล้ว เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณที่เกินกำหนดของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ที่กำหนดให้ค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยออกจากปล่องของโรงไฟฟ้าต้องไม่เกิน 1,300 ppm

การใช้ถ่านหินที่มีแร่กำมะถันผสมในปริมาณต่ำในการเผาไหม้จึงเป็นการแก้ปัญหาเรื่องก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกระบวนการก่อนการเผาไหม้ (Pre combustion) ซึ่งหน่วยงานเหมืองแม่เมาะสามารถซื้อถ่านหินคุณภาพสูงที่มีราคาแพงจากแหล่งถ่านอื่นๆ มาผสมกับถ่านหินที่มีอยู่ของเหมืองแม่เมาะ เพื่อให้ค่ากำมะถันที่มีอยู่ในถ่านที่ผสมแล้วต่ำพอที่จะทำให้ค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยออกจากปล่องของโรงไฟฟ้าไม่เกิน 1,300 ppm

คุณภาพที่เหมาะสมของถ่านซ็ือที่จะนำมาผสม โดยพิจารณาจากแหล่งถ่านที่มีผู้มาเสนอขายให้กับกฟผ.แล้ว ถ่านหินจากแหล่งถ่าน ADARO ประเทศอินโดนีเซีย จะมีความเหมาะสมที่สุดโดยมีรายละเอียดคุณภาพถ่าน และราคาดังนี้

ถ่านหิน ADARO กำมะถัน 0.1% ราคาดันละ 1,440 บาทผสมกับถ่านหินของเหมืองแม่เมาะกำมะถัน 2.9% ราคาดันละ 525 บาท ในอัตราส่วน 3 : 2 ราคาล้างจากการผสม ดันละ 1,074.00 บาท รวมค่าดำเนินการผสมและขนส่งของเหมืองแม่เมาะตันละ 40 บาทต่อตัน รวมเป็นราคาดันละ 1,114.00 บาท

### 3.2 การใช้เตาเผาแบบ Circulated Fluidized Bed (CFB)

เป็นข้อมูลจากข้อเสนอของบริษัท Babcock & Wilcox ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ที่ใช้ในโรงไฟฟ้า Babcock & Wilcox ได้พัฒนา CFB boiler โดยใช้การแยกของแข็งแบบ 2 ชั้นตอน ซึ่งสามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงที่หลากหลาย ทำให้มีความยืดหยุ่นในการเลือกใช้เชื้อเพลิง และสามารถควบคุมก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้และระบายสู่บรรยากาศ (Emission) ได้ดีมาก เชื้อเพลิงที่ใช้ได้รวมถึง bituminous coal , sub-bituminous coal , lignite ,anthracite coal และ petroleum coke และในบางกรณีสามารถใช้เชื้อเพลิงหลายชนิดพร้อมกันได้

CFB boiler สามารถควบคุมการระบายก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) ระหว่างการเผาไหม้ได้โดยการใส่หินปูนเข้าไปพร้อมกับเชื้อเพลิง

#### ข้อดีและประโยชน์ที่ได้จาก CFB boiler

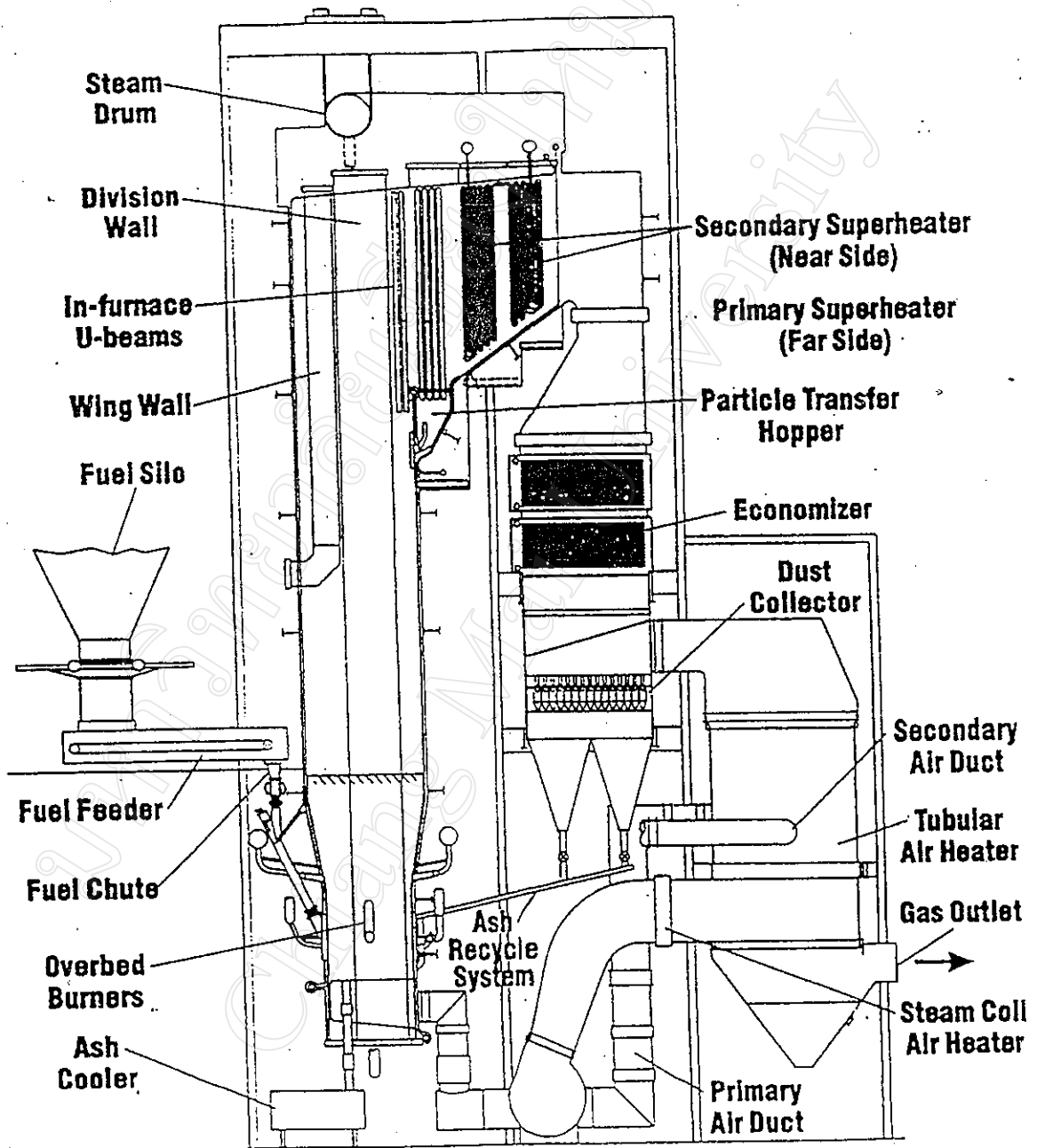
- เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการเผาเชื้อเพลิงได้หลากหลาย โดยมีค่าใช้จ่ายในการเตรียมเชื้อเพลิงต่ำ
- เป็นเทคโนโลยีที่ทำให้ มี emission ต่ำ ความสามารถในการจับกำมะถัน (Sulfur) มากกว่า 90 %
- CFB boiler ของ B&W นี้ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบ CFB อื่นๆ

- ใช้วัสดุทนไฟ เพียง 1 ใน 5 เท่านั้น ซึ่งจะลดการบำรุงรักษาและเพิ่มขีดความสามารถในการเดินเครื่อง
- ใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ประกอบ (Auxiliary Power Consumption) ต่ำกว่า
- CFB boiler ของ B&W โดยทั่วไปมี ความพร้อมจ่าย (Availability) มากกว่า 95%
- ไม่ต้องใช้ เครื่องกำจัดเขม่า (Soot Blower) ในช่วงแฉงท่อ ทำให้ลดการบำรุงรักษาและ การหยุดเดินเครื่อง

ตารางที่ 5 แสดงรายละเอียดทางเทคนิคของ CFB boiler

รายการ	หน่วยวัด	ค่า
ประสิทธิภาพการกำจัด SO <sub>2</sub>	%	90
ความพร้อมจ่ายพลังงานไฟฟ้า	%	>92
ค่าการระบาย SO <sub>2</sub>	ppm	<335
อัตราการใช้หินปูน	ตันต่อชั่วโมง(ต่อ 3 เครื่อง)	69
ระยะเวลาในการติดตั้ง	เดือน	7

รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างของ CFB



## Circulating Fluidized-Bed Boiler

Babcock & Wilcox



### 3.3 การใช้ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบเปียก (Wet type Flue Gas Desulfurization System : FGD WET)

เป็นกระบวนการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) โดยใช้ หินปูน (Limestone) ในสภาพ ของเหลว (Slurry) ฉีดเข้าไปในก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ ที่ออกมาจากเตาเผา (Furnace) และ หินปูนในสภาพของเหลว (Limestone Slurry) จะทำปฏิกิริยากับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) ในก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ (Flue Gas)

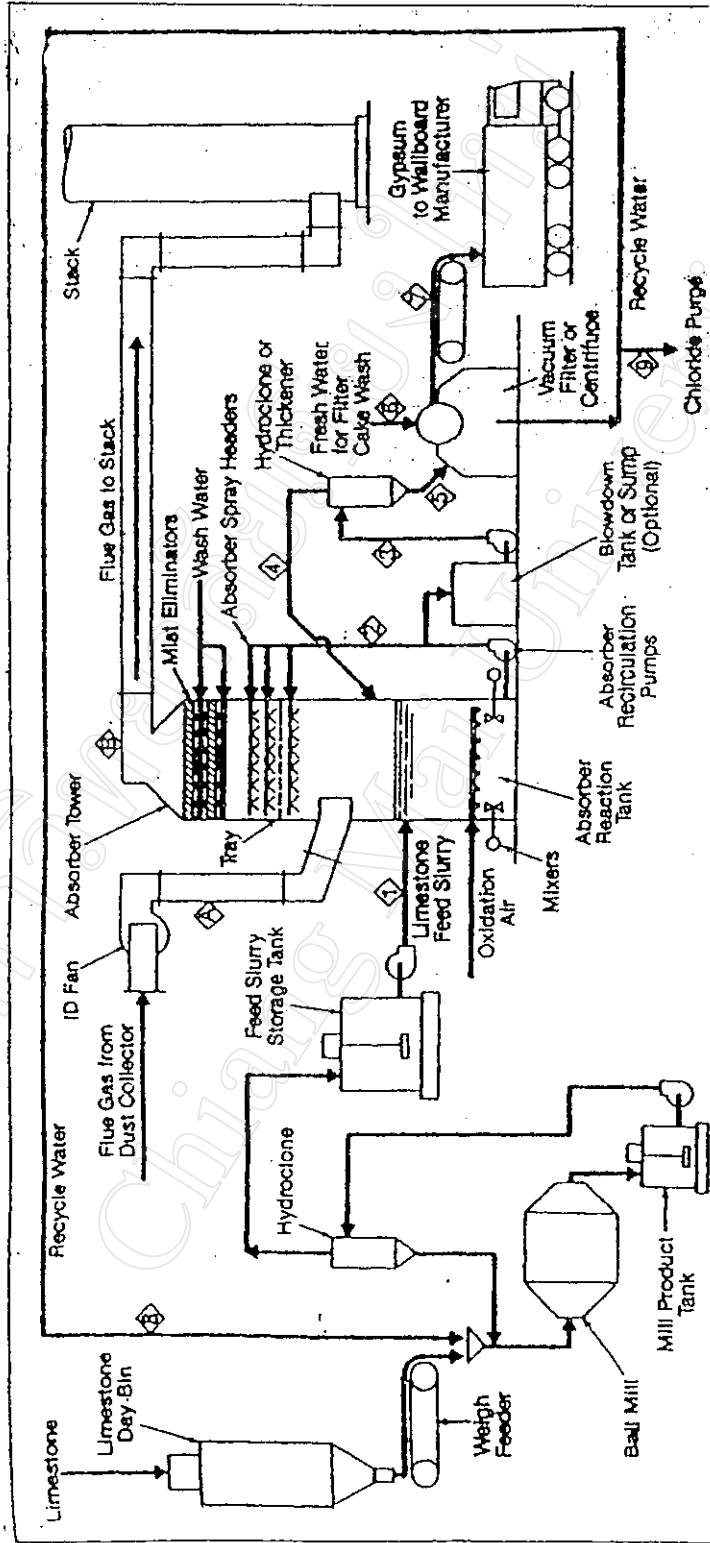
ประสิทธิภาพในการจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) สูงกว่า 90 %

ข้อดีคือ เป็นระบบเดียวกันกับระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Flue Gas Desulfurization :FGD) ที่ใช้ในโรงไฟฟ้าแม่เมาะเครื่องที่ 4-13 และมีประสิทธิภาพสูงกว่า เมื่อเทียบกับแบบอื่น

#### ตารางที่ 6 แสดงรายละเอียดทางเทคนิคของ FGD WET

รายการ	หน่วยวัด	ค่า
ประสิทธิภาพการกำจัด SO <sub>2</sub>	%	95
ความพร้อมจ่ายพลังงานไฟฟ้า	%	>92
ค่าการระบาย SO <sub>2</sub>	ppm	<320
อัตราการใช้หินปูน	ตันต่อชั่วโมง(ต่อ 3 เครื่อง)	14.58
ระยะเวลาในการติดตั้ง	เดือน	18

รูปที่ 3 แสดงอุปกรณ์ประกอบของ FGD WET



### 3.4 การใช้ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบแห้ง (Dry type Flue Gas Desulfurization System : FGD DRY)

เป็นกระบวนการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $\text{SO}_2$ ) ที่ปรับปรุงระบบ dry type FSI (Furnace sorbent injection) โดยเพิ่มอุปกรณ์ช่วยทำปฏิกิริยา (Reactor) เข้าไประหว่างเตาเผาไหม้ (Furnace) กับเครื่องกำจัดฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic Precipitator :ESP) การทำงานของระบบประกอบด้วยการใช้เทคนิค 2 อย่าง เริ่มด้วยการฉีดหินปูน (limestone) เข้าไปในส่วนบนของเตาเผาไหม้ หินปูนจะทำปฏิกิริยากับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่อุณหภูมิ 800-1200 องศาเซลเซียส จากนั้นหินปูนทั้งที่ทำปฏิกิริยาและที่ยังไม่ได้ทำปฏิกิริยาจะไหลรวมกับก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ออกจากเตา แต่ก่อนที่จะเข้าไปในเครื่องกำจัดฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตย์ จะมีอุปกรณ์ช่วยทำปฏิกิริยาทำให้เกิดกระบวนการขั้นที่ 2 โดยการฉีดละอองน้ำเข้าไปในอุปกรณ์ช่วยทำปฏิกิริยาและควบคุมอุณหภูมิภายในให้สูงกว่าอุณหภูมิอิมตัวประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส หินปูนที่เหลือจะทำปฏิกิริยากับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อีกครั้งหนึ่ง

ข้อดีของระบบนี้คือ ใช้เงินลงทุนต่ำ ใช้พื้นที่ติดตั้งน้อย และง่ายต่อการใช้งาน

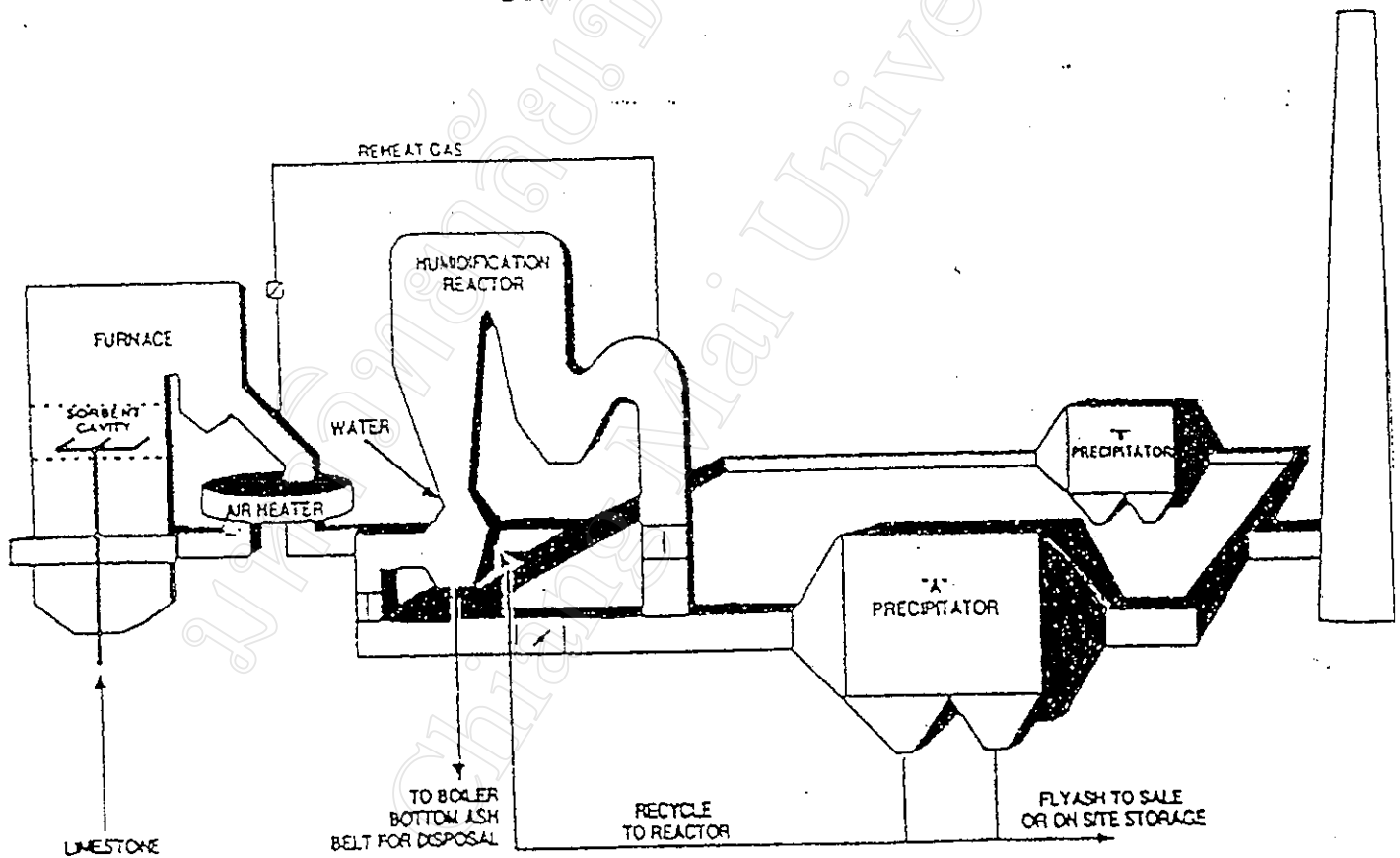
ตารางที่ 7 แสดงรายละเอียดทางเทคนิคของ FGD DRY

รายการ	หน่วยวัด	ค่า
ประสิทธิภาพการกำจัด $\text{SO}_2$	%	84.6
ความพร้อมจ่ายพลังงานไฟฟ้า	%	>92
ค่าการระบาย $\text{SO}_2$	ppm	800
อัตราการใช้หินปูน	ตันต่อชั่วโมง(ต่อ 3 เครื่อง)	11.66
ระยะเวลาในการติดตั้ง	เดือน	12

รูปที่ 4 แสดงอุปกรณ์ประกอบของ FGD DRY

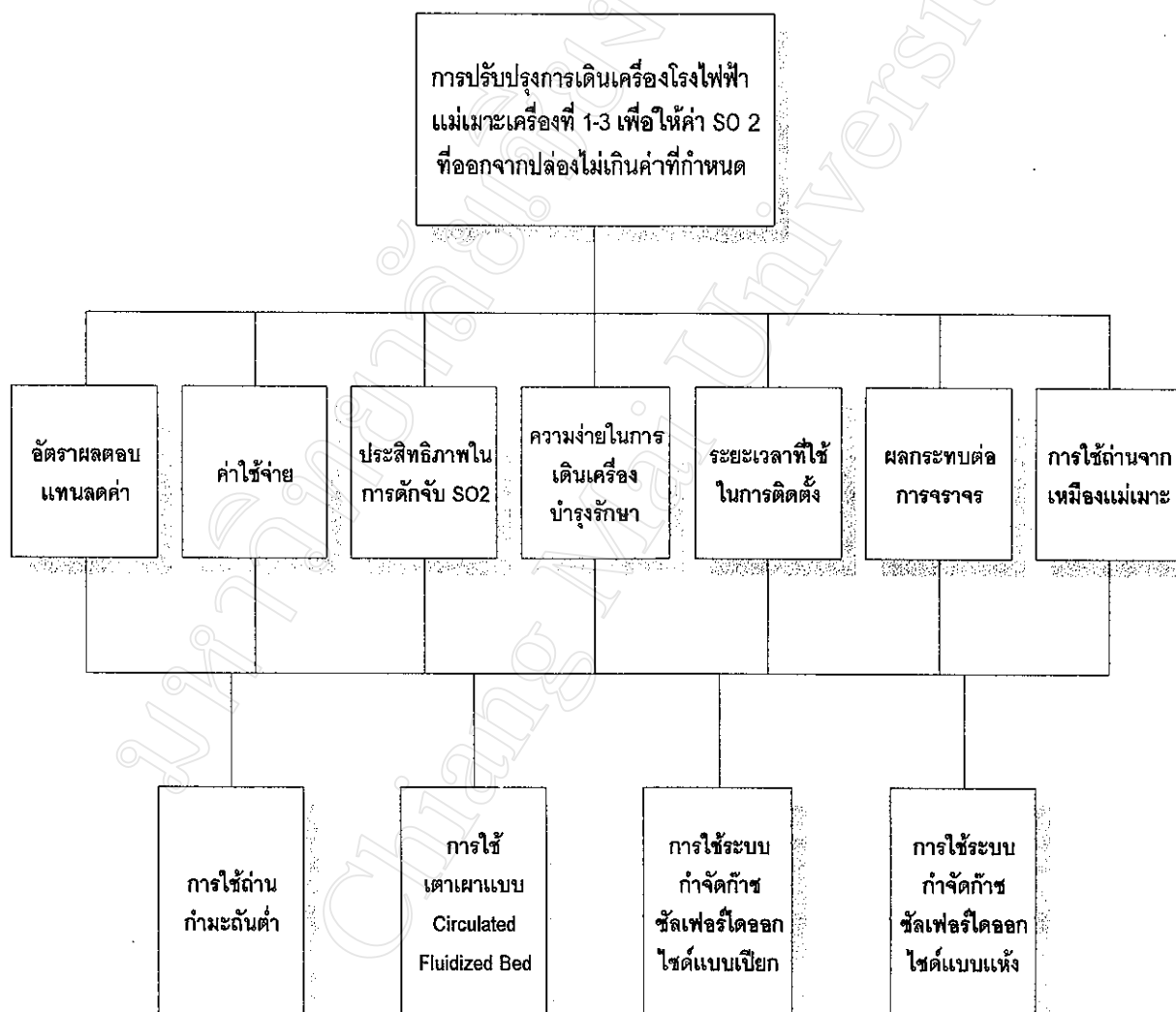
# LIFAC SO<sub>2</sub> Control Process

## Shand Power Station



#### 4. การสร้างแผนภูมิระดับชั้น

นำรายละเอียดจากขั้นตอนที่ 1-3 คือการกำหนดค่าจำกัดความของปัญหา กำหนดเกณฑ์หรือปัจจัยในการตัดสินใจ กำหนดทางเลือก มาจัดทำแผนภูมิลำดับชั้นตามรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงแผนภูมิลำดับชั้นของการปรับปรุงการเดินเครื่องโรงไฟฟ้าแม่เมาะเครื่องที่ 1-3