# คำนำ

เอกสารคำสอนรายวิชา ENGEE 164 การผลิต การส่ง และการจ่ายกำลังไฟฟ้า จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ และทักษะเชิงวิศวกรรมด้าน ระบบส่งไฟฟ้าแรงสูงและสถานีไฟฟ้า ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำคัญของระบบไฟฟ้ากำลังสมัยใหม่

เนื้อหาได้รับการปรับปรุงให้สอดคล้องกับแนวทาง Outcome-Based Education (OBE) ครอบคลุมการวิเคราะห์พารามิเตอร์สายส่ง การจำลองและประเมินสมรรถนะของระบบส่งไฟฟ้า การออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้า การออกแบบระบบสายดินและการป้องกันฟ้าผ่า ตลอดจนการประยุกต์ใช้มาตรฐานสากล เช่น IEEE และ IEC ในบริบทการใช้งานจริงของประเทศไทย

เอกสารฉบับนี้มุ่งหวังให้นักศึกษาสามารถเชื่อมโยงทฤษฎีกับการปฏิบัติ วิเคราะห์ปัญหาเชิงระบบ และพัฒนาทักษะการออกแบบในระดับพื้นฐาน อันเป็นรากฐานสำคัญสำหรับการศึกษาขั้นสูงและการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมไฟฟ้ากำลังต่อไป

ประกาศิต ศรีทะแก้ว

9 พฤษภาคม 2569

# สารบัญ

หน้า


**บทที่ 1 ระบบไฟฟ้ากำลัง (Power System)**

**1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโรงไฟฟ้า 1-1**

1.1.1 การผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย 1-2

1.1.2 เครือข่ายระบบการผลิตและระบบส่งจ่ายไฟฟ้า 1-6

1.1.3 โครงสร้างของอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้าในปัจจุบัน 1-9

**1.2 การคาดคะเนความต้องการไฟฟ้า 1-11**

**1.3 เส้นโค้งโหลด 1-27**

**1.4 ตัวอย่างโจทย์เกี่ยวกับเส้นโค้งโหลด 1-32**

**1.5 เศรษฐศาสตร์การผลิตไฟฟ้า 1-40**

1.5.1 ขนาดของโรงไฟฟ้า 1-40

1.5.2 เลือกเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้า 1-40

1.5.3 การเลือกตามงบประมาณและเงื่อนไข 1-41

1.5.4 การเลือกสถานที่ตั้งของโรงไฟฟ้า 1-41

1.5.5 ราคาของพลังงานไฟฟ้า 1-42

1.5.6 การเลือกขนาดและจำนวนของเครื่องกำเนิด 1-43

**1.6 ตัวอย่างการวิเคราะห์การสร้างโรงไฟฟ้า 1-43**

**บทสรุป 1-50**

**แบบฝึกหัดท้ายบท 8-52**

**บทที่ 2 โรงฟ้าพลังงานน้ำ (Hydro Power Plant)**

**2.1 บทนำ 2-1**

2.1.1 โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบ่งตามลักษณะการบังคับน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า 2-3

2.1.2 โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบ่งตามขนาดของโรงไฟฟ้า 2-4

2.1.3 โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบ่งตามระดับน้ำ 2-4

**2.2 เขื่อน (Dam) 2-5**

2.2.1 เขื่อนคอนกรีต 2-5

2.2.2 เขื่อนถม (Embankment Dam) 2-7

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า


**2.3 เขื่อนและโรงไฟฟ้าพลังน้ำในประเทศไทย** **2-9**

2.3.1 เขื่อนแก่งกระจาน 2-9

2.3.2 เขื่อนวชิราลงกรณ์ 2-11

2.3.3 เขื่อนจุฬาภรณ์ 2-12

2.3.4 เขื่อนท่าทุ่งนา 2-13

2.3.5 เขื่อนภูมิพล 2-15

2.3.6 เขื่อนน้ำพุง 2-17

2.3.7 เขื่อนบางลาง 2-18

2.3.8 เขื่อนปากมูล 2-19

2.3.9 เขื่อนรัชชประภา 2-21

2.3.10 เขื่อนศรีนครินทร์ 2-23

2.3.11 เขื่อนสิริกิติ์ 2-24

2.3.12 เขื่อนสิรินธร 2-26

2.3.13 เขื่อนอุบลรัตน์ 2-27

2.3.14 เขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล 2-29

2.3.15 โรงไฟฟ้าพลังน้ำลำตะคองแบบสูบกลับ 2-29

2.3.16 โรงไฟฟ้าเขื่อนห้วยกุ่ม 2-32

2.3.17 โรงไฟฟ้าพลังน้ำบ้านสันติ 2-33

**2.4 ส่วนประกอบสำคัญของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ** **2-39**

2.4.1 ท่อส่งน้ำ 2-39

2.4.2 กังหันน้ำ 2-40

2.4.3 อาคารโรงไฟฟ้า 2-44

2.4.4 ใบกังหัน 2-45

2.4.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเพลา 2-45

2.4.6 ท่อระบายน้ำ 2-45

2.4.7 ทางน้ำล้น 2-46

2.4.8 หม้อแปลงไฟฟ้าและสายส่งไฟฟ้า 2-46

**2.5 การทำงานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ** **2-47**

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า


**2.6 ไฮโดรกราฟ** **2-48**

2.6.1 ส่วนขึ้นของไฮโดรกราฟ (rising limb) 2-48

2.6.2 ส่วนยอดของไฮโดรกราฟ 2-49

2.6.3 ส่วนลดของไฮโดรกราฟ (recession or depletion curve) 2-50

**บทสรุป** **2-51**

**แบบฝึกหัดท้ายบท** **2-52**

**บทที่ 3 โรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ (Steam Power Plant)**

**3.1 การทำงานของโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ** **3-2**

3.1.1 ระบบเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ 3-4

3.1.2 ระบบกังหันไอน้ำ 3-4

3.1.3 ระบบกำเนิดไฟฟ้า 3-4

3.1.4 ระบบระบายความร้อน 3-4

**3.2 ความรู้เกี่ยวกับวัฏจักรไอน้ำ** **3-5**

3.2.1 หลักการเบื้องต้น 3-5

3.2.2 วัฏจักรแรงคิน 3-6

3.2.3 วิธีไอร้อนยิ่งยวด 3-8

3.2.4 การให้ความร้อนซ้ำ 3-9

3.2.5 รีเจนเนอเรชั่น 3-10

3.2.6 การอุ่นน้ำป้อน (Feed Water Heating) 3-12

**3.3 ส่วนประกอบสำหรับการผลิตไอน้ำ** **3-13**

3.3.1 หม้อน้ำ 3-13

3.3.2 ตัวแยกไอน้ำ ( Boiler Drum ) 3-14

3.3.3 แผงท่อรับความร้อน (Economizer) 3-15

3.3.4 เครื่องอุ่นอากาศ (Air Heater) 3-16

3.3.5 เครื่องอุ่นน้ำ (Water Heater) 3-17

3.3.6 กังหันไอน้ำ (Steam Turbine) 3-17

3.3.7 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3-19

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า


**3.4 เชื้อเพลิง 3-20**

**3.5 หอระบายความร้อน 3-24**

**3.6 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด 3-25**

3.6.1 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดก่อนการเผาไหม้ 3-25

3.6.2 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะเผาไหม้หรือเมื่อนำไปใช้ประโชยชน์ 3-27

3.6.3 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้ 3-28

**3.7 ข้อดีและข้อเสียและการเลือกที่ตั้งของโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ 3-30**

**3.8 การเลือกที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ 3-31**

**3.9 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนในประเทศไทย**

**3-31**

3.8.1 โรงไฟฟ้าแม่เมาะ 3-31

3.8.2 โรงไฟฟ้าบางปะกง 3-32

3.8.3 โรงไฟฟ้าพระนครใต้ 3-36

3.8.4 โรงไฟฟ้ากระบี่ 3-37

**บทสรุป 3-40**

**แบบฝึกหัดท้ายบท 3-41**

**บทที่ 4 โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ (Gas Turbine Power Plant)**

**4.1 โรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซ 4-2**

**4.2 กังหันก๊าซ (Gas Turbine) 4-5**

4.2.1 ส่วนประกอบของกังหันก๊าซ 4-6

4.2.2 ห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber) 4-10

4.2.3 เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) 4-12

**4.3 วัฏจักรกังหันก๊าซ 4-16**

4.3.1 วัฏจักรเบรย์ตัน (Brayton Cycle) 4-18

**4.4 คุณสมบัติของโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ 4-24**

**4.5 ข้อเด่น ข้อด้อยโรงไฟฟ้าพลังกังหันก๊าซ 4-25**

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า


**4.6 ตัวอย่างโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซในประเทศไทย 4-26**

4.6.1 โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซก๊าซสุราษฎร์ธานี 4-26

4.6.2 โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซลานกระบือ 4-29

**บทสรุป 4-30**

**แบบฝึกหัดท้ายบท 4-32**

**บทที่ 5 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Combined Cycle Power Plant)**

5.1 ลักษณะของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม 5-4

5.1.1 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมแบบแกนเดียว (Single Shaft Combine Cycle Power Plant ) 5-4

5.1.2 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแบบหลายแกน 5-4

5.2 ระบบการผลิตพลังความร้อนร่วม 5-6

5.2.1 ชนิดของระบบการผลิตพลังความร้อนร่วม 5-6

5.3 เครื่องต้นกำลังระบบการผลิตพลังความร้อนร่วม 5-7

5.3.1 หน่วยผลิตกังหันไอน้ำ 5-7

5.3.2 หน่วยผลิตกังหันก๊าซ 5-11

5.4 หลักการทำงานโดยรวมของการผลิตพลังความร้อนร่วม 5-13

5.5 การบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม 5-13

5.5.1 การบำรุงรักษากังหันก๊าซ – เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบ 5-14

5.5.2 การบำรุงรักษาชุดกังหันไอน้ำและอุปกรณ์ประกอบ 5-15

5.6 การคำนวณเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม 5-15

5.6.1 การหาประสิทธิภาพของหน่วยผลิต 5-15

5.6.2 การคำนวณหาประสิทธิภาพโดยรวมของความร้อนร่วม ระหว่างกังหันก๊าซและกังหันไอน้ำ 5-16

5.7 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมในประเทศไทย 5-18

5.7.1 โรงไฟฟ้าบางปะกง 5-18

5.7.2 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมพระนครใต้ 5-20

# สารบัญ(ต่อ)

**หน้า**


5.7.3 โรงไฟฟ้าน้ำพอง 5-22

5.7.4 โรงไฟฟ้าวังน้อย 5-23

5.7.5 โรงไฟฟ้าจะนะ 5-24

5.7.6 โรงไฟฟ้าพระนครเหนือ 5-25

**5.8 ข้อดี ข้อเสีย และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม 5-26**

**บทสรุป 5-31**

**แบบฝึกหัดท้ายบท 5-32**

**บทที่ 6 โรงไฟฟ้าดีเซล** (Diesel Power Plant)

6.1 เครื่องยนต์ดีเซล 6-2

6.1.1 ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องยนต์ดีเซล 6-2

6.2 ชนิดของเครื่องยนต์ดีเซล 6-8

6.2.1 เครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ 6-9

6.2.2 เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ 6-1

6.3 วัฏจักรเครื่องยนต์ดีเซล 6-13

6.4 วิธีการสตาร์ทเครื่องยนต์ดีเซล 6-17

6.5 ระบบระบายความร้อน 6-20

6.5.1 ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ 6-21

6.5.2 การระบายความร้อนด้วยอากาศ 6-21

6.6 ระบบเชื้อเพลิง 6-22

6.7 การใช้และการระวังรักษาเครื่องยนต์ 6-23

6.8 ข้อดีและข้อเสียของโรงไฟฟ้าดีเซล 6-24

6.9 ตัวอย่างโรงไฟฟ้าดีเซลในประเทศไทย 6-25

**บทสรุป 6-26**

**แบบฝึกหัดท้ายบท 6-27**

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า


**บทที่ 7 โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ (Nuclear Power Plant)**

**7.1 คำสำคัญ 7-4**

7.1.1 โครงสร้างอะตอม 7-4

**7.2 การทำงานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 7-6**

7.2.1 ปฏิกรณ์นิวเคลียร์ 7-6

7.2.2 ประเภทปฏิกรณ์ 7-7

7.2.3 ระบบปฏิกรณ์นิวเคลียร์ 7-8

7.2.4 ข้อกำหนดของคณะกรรมาธิการป้องกันอันตรายจากรังสีระหว่างประเทศ (ICRP-International Commission on Radiological Protection) 7-11

7.2.5 ส่วนประกอบของโรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ 7-12

**7.3 ชนิดของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 7-15**

7.3.1 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบน้ำเดือด (Boiling Water Reactor : BWR) 7-15

7.3.2 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบความดันสูง (Pressurized Water Reactor : PWR) 7-17

7.3.3 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบระบายความร้อนด้วยก๊าซ 7-18

7.3.4 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยโลหะเหลว 7-19

7.3.5 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยโลหะเหลว 7-20

**7.4 เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ 7-22**

7.4.1 วัฏจักรเชื้อเพลิง 7-22

7.4.2 การจัดการชื้อเพลิง 7-23

7.4.3 รังสีความร้อนและกากกัมมันตภาพรังสีจากโรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ 7-25

7.4.4 การจัดเก็บกากกัมมันตรังสี 7-28

**7.5 อุบัติเหตุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 7-31**

7.5.1 อุบัติเหตุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เชอร์โนบิล 7-32

7.5.2 อุบัติเหตุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ฟุกุชิมะไดอิชิ 7-39

7.5.3 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์กับเหตุการณ์แผ่นดินไหว 7-40

**7.6 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในต่างประเทศ 7-41**

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า


**7.5 จุดเด่น จุดด้อย ของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์** **7-44**

**บทสรุป** **7-46**

**แบบฝึกหัดท้ายบท** **7-48**

**บทที่ 8 พลังงานทดแทนและโรงไฟฟ้าชนิดอื่นๆ (Alternative Energy and the Alternative Energy Power Plant)**

**8.1 พลังงานทดแทน** **8-2**

**8.2 สถานการณ์พลังงานทดแทนของประเทศไทย 2567** **8-4**

**8.3 ก๊าซชีวภาพ** **8-8**

8.3.1 ความหมายของก๊าซชีวภาพ 8-8

8.3.2 กระบวนการย่อยสลายในสภาวะไร้อากาศ 8-9

8.3.3 การปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ 8-10

8.3.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ 8-10

8.3.5 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ 8-13

**8.4 โรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ** **8-14**

8.4.1 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ 8-14

**8.5 โรงไฟฟ้าพลังงานลม** **8-17**

8.5.1 โครงสร้างและการทำงาน 8-21

8.5.2 โรงไฟฟ้าพลังงานลมในประเทศไทย 8-23

**8.6 โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์** **8-25**

8.6.1 เซลล์แสงอาทิตย์ 8-25

8.6.2 โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย 8-30

**8.7 การผลิตไฟฟ้าแบบอื่น ๆ** **8-32**

8.7.1 พลังงานคลื่น 8-32

8.7.2 พลังงานความร้อนจากมหาสมุทร 8-35

8.7.3 การผลิตไฟฟ้าจากน้ำขึ้น-น้ำลง 8-39

# สารบัญ(ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 8.7.4 การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล | 8-42 |
| 8.7.5 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพ | 8-49 |
| **บทสรุป** | **8-52** |
| **แบบฝึกหัดท้ายบท** | **8-54** |
| **บทที่ 9 สถานีไฟฟ้าย่อย (Substation)** | |
| **9.1 สถานีไฟฟ้า** | **9-1** |
| **9.2 หน้าที่และวัตถุประสงค์ของสถานีไฟฟ้า** | **9-2** |
| **9.3 ชนิดของสถานีไฟฟ้าย่อย** | **9-3** |
| 9.3.1 สถานีไฟฟ้าแบบใช้ฉนวนอากาศ (Air Insulated Substation : AIS) | 9-3 |
| 9.3.2 สถานีไฟฟ้าแบบใช้ฉนวนก๊าซ (Gas Insulated Substation: GIS) | 9-5 |
| **9.3 ชนิดของสถานีไฟฟ้าย่อย** | **9-3** |
| 9.3.1 สถานีไฟฟ้าแบบใช้ฉนวนอากาศ (Air Insulated Substation: AIS) | 9-3 |
| 9.3.2 สถานีไฟฟ้าแบบใช้ฉนวนก๊าซ (Gas Insulated Substation: GIS) | 9-5 |
| **9.4 อุปกรณ์ที่สำคัญในลานไก** | **9-9** |
| 9.4.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker: CB) | 9-9 |
| 9.4.2 หม้อแปลงกำลัง (Power Transformer) | 9-19 |
| 9.4.3 หม้อแปลงกระแส (Current Transformer: CT) | 9-33 |
| 9.4.4 หม้อแปลงแรงดัน (Potential Transformer: PT) | 9-39 |
| 9.4.5 Neutral Grounding Resistance (NGR) | 9-44 |
| 9.4.6 เคาท์เตอร์ (Counter) | 9-45 |
| 9.4.7 สวิตช์ใบมีด (Disconnecting Switch) | 9-46 |
| 9.4.8 รีโคลสเซอร์ (Recloser) | 9-49 |
| 9.4.9 ดรอปเอาท์ฟิวส์คัทเอาท์ (Drop-out Fuse Cutout) | 9-50 |
| 9.4.10 โหลดเบรกสวิตช์ (Load Break Switch) | 9-51 |
| 9.4.11 แอร์เบรกสวิตช์ (Air Break Switch) | 9-51 |
| 9.4.12 คาปาซิเตอร์แบงก์ (Capacitor Bank) | 9-52 |

# สารบัญ(ต่อ)

**หน้า**


9.4.13 แบตเตอรี่ (Battery) 9-53

**9.5 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ภายใน GIS 9-55**

9.5.1 ตัวถังโลหะ (Enclosure) 9-55

9.5.2 บัสบาร์ (Busbar) 9-57

9.5.3 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) 9-58

9.5.4 สวิตซ์ใบมีด (Disconnecting Switch) 9-59

9.5.5 ใบมีดกราวด์ (Ground Switch) 9-60

9.5.6 หม้อแปลงวัดกระแส (Current Transformer: CT) 9-62

9.5.7 หม้อแปลงวัดแรงดัน (Potential Transformer: PT) 9-63

**9.6 การจัดเรียงบัสภายในสถานีไฟฟ้า (Schematic Switching Diagram) 9-67**

9.6.1 บัสเดี่ยวหรือบัสประธาน (Single or Main Bus) 9-68

9.6.2 บัสแรงสูงตัดตอน (Sectionalized High Voltage Bus) 9-69

9.6.3 บัสเดี่ยวตัดตอน (Sectionalized Single Bus) 9-70

9.6.4 บัสประธานและบัสโอน (Main Bus and Transfer Bus) 9-71

9.6.5 บัสหลักคู่และบัสโอน (Double Main Bus and Transfer Bus) 9-72

9.6.6 บัสคู่ตัวหยุดเดี่ยว (Double Bus Single Breaker) 9-73

9.6.7 บัสคู่ตัวหยุดคู่ (Double Bus Double Breaker) 9-74

9.6.8 บัสแบบตัวหยุดครึ่ง (Breaker and a Half Scheme) 9-75

9.6.9 บัสวงจรเดี่ยวเป็นส่วน ๆ (Sectionalized Single Ring Bus) 9-76

9.6.10 บัสวงจรคู่เป็นส่วน ๆ (Sectionalized Double Ring Bus) 9-77

**บทสรุป 9-78**

**แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 9 9-80**

# สารบัญตาราง

หน้า


ตารางที่ 1.1 ความยาวสายส่งไฟฟ้า 1-7
ตารางที่ 1.2 กำลังการผลิตไฟฟ้าของ กฟผ. แยกตามชนิดเชื้อเพลิง 1-10
ตารางที่ 1.3 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า 1-12
ตารางที่ 1.4 วิธีการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าในต่างประเทศ 1-23
ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติกังหันน้ำ 2-40
ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบระดับน้ำและกังหันน้ำ 2-41
ตารางที่ 3.2 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนในความรับผิดชอบของ กฟผ 3-30
ตารางที่ 4.1 รายละเอียดโรงไฟฟ้าลานกระบือ 4-29
ตารางที่ 4.2 รายละเอียดโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซลานกระบือ 4-30
ตารางที่ 5.1 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าก่อนและหลัง 5-5
ตารางที่ 7.1 ลักษณะเด่นบางประการของโรงไฟฟ้า 7-15
ตารางที่ 8.1 โรงไฟฟ้าพลังงานลมในประเทศไทย 8-24
ตารางที่ 8.2 จุดเด่น จุดด้อยของโรงไฟฟ้าพลังงานลม 8-25
ตารางที่ 10.1 ค่าคงที่ของวัสดุต่อลงดิน 10-25
ตารางที่ 10.2 ค่าคงที่ของวัสดุปูบนผิวดิน 10-29

# สารบัญรูป

หน้า


| | | |
|---|---|---|
| รูปที่ 1.1 | ระบบผลิต ระบบส่ง และระบบจำหน่ายไฟฟ้าของประเทศไทย | 1-5 |
| รูปที่ 1.2 | เสาไฟฟ้ากับระบบสายส่งไฟฟ้าแรงดันสูงที่มีขนาดแรงดันตั้งแต่ 69 kV ถึง 500kV | 1-6 |
| รูปที่ 1.3 | แผนภูมิของระบบผลิตและส่งจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย | 1-8 |
| รูปที่ 1.4 | กำลังการผลิตตามสัญญา | 1-9 |
| รูปที่ 1.5 | การผลิตและซื้อพลังงานไฟฟ้าของ กฟผ. | 1-11 |
| รูปที่ 1.6 | ความต้องการใช้ไฟฟ้าใน 1 วัน (Daily Load Curve) | 1-14 |
| รูปที่ 1.7 | ความต้องการใช้ไฟฟ้ารายเดือน | 1-14 |
| รูปที่ 1.8 | ความต้องการใช้ไฟฟ้าใน 1 วัน ของปี 2546 – 2548 | 1-15 |
| รูปที่ 1.9 | ลักษณะการผลิต / การใช้ไฟฟ้าแสดงด้วย Load curves | 1-17 |
| รูปที่ 1.10 | ประโยชน์ของ Load Duration Curve ในการวางแผนการผลิต | 1-18 |
| รูปที่ 1.11 | กราฟแสดงการเติบโตทางเศรฐกิจและการใช้พลังงานไฟฟ้า | 1-22 |
| รูปที่ 1.12 | ตัวอย่างเส้นโหลดแบ่งตามลักษณะพื้นที่ | 1-28 |
| รูปที่ 1.13 | โหลดประจำวัน (กราฟเส้น) | 1-29 |
| รูปที่ 1.14 | โหลดประจำวัน (กราฟแท่ง) | 1-29 |
| รูปที่ 1.15 | โหลดดิวเรชั่น | 1-30 |
| รูปที่ 1.16 | ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลา 30 นาที | 1-32 |
| รูปที่ 1.17 | เส้นโค้งโหลดตัวอย่างที่ 1.1 | 1-33 |
| รูปที่ 1.18 | เส้นโค้งโหลดช่วงเวลาโหลดตัวอย่างที่ 1.1 | 1-33 |
| รูปที่ 1.19 | เส้นโค้งโหลดช่วงเวลาโหลดสำหรับตัวอย่างที่ 1.5 | 1-37 |
| รูปที่ 1.20 | เส้นโค้งโหลดช่วงเวลาโหลดตัวอย่างที่ 1.7 | 1-38 |
| รูปที่ 2.1 | ลักษณะของเขื่อนคอนกรีตแบบกราวิตี้ | 2-5 |
| รูปที่ 2.2 | ลักษณะของเขื่อนคอนกรีตแบบโค้ง | 2-6 |
| รูปที่ 2.3 | ลักษณะของเขื่อนคอนกรีตแบบรูปโดม | 2-6 |
| รูปที่ 2.4 | ลักษณะของเขื่อนกลวงหรือเขื่อนครีบ | 2-7 |
| รูปที่ 2.5 | ลักษณะของเขื่อนถมหิน | 2-8 |
| รูปที่ 2.6 | ลักษณะของเขื่อนถมดิน | 2-8 |
| รูปที่ 2.7 | ลักษณะของเขื่อนแก่งกระจาน | 2-10 |
| รูปที่ 2.8 | ลักษณะของเขื่อนวชิราลงกรณ์ | 2-11 |

# สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า


รูปที่ 2.9 ลักษณะของเขื่อนจุฬาภรณ์และโรงไฟฟ้า 2-12
รูปที่ 2.10 ลักษณะของเขื่อนท่าทุ่งนา 2-14
รูปที่ 2.11 ลักษณะของโรงไฟฟ้าเขื่อนท่าทุ่งนา 2-14
รูปที่ 2.12 ลักษณะของเขื่อนภูมิพลและโรงไฟฟ้า 2-16
รูปที่ 2.13 ลักษณะของเขื่อนน้ำพุง 2-17
รูปที่ 2.14 ลักษณะของเขื่อนบางลาง 2-18
รูปที่ 2.15 ลักษณะของเขื่อนปากมูล 2-20
รูปที่ 2.16 ลักษณะของเขื่อนรัชชประภา (เขื่อนเชี่ยวหลาน) 2-22
รูปที่ 2.17 ลักษณะของเขื่อนศรีนครินทร์ 2-24
รูปที่ 2.18 ลักษณะของเขื่อนสิริกิติ์ 2-25
รูปที่ 2.19 ลักษณะของเขื่อนสิรินธร 2-27
รูปที่ 2.20 ลักษณะของเขื่อนอุบลรัตน์ 2-28
รูปที่ 2.21 ลักษณะของเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล 2-29
รูปที่ 2.22 ลักษณะของเขื่อนลำตะคองและอ่างพักน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า 2-31
รูปที่ 2.23 ลักษณะของเขื่อนห้วยกุ่ม 2-33
รูปที่ 2.24 โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ในประเทศไทย (ขนาดกำลังผลิตมากกว่า 1 MW) 2-37
รูปที่ 2.25 โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กในประเทศไทย (ขนาดกำลังการผลิตน้อยกว่า 1MW) 2-38
รูปที่ 2.26 ส่วนประกอบสำคัญของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ 2-39
รูปที่ 2.27 ลักษณะของท่อส่งน้ำ 2-39
รูปที่ 2.28 ลักษณะของกังหันเพลตัน 2-41
รูปที่ 2.29 ลักษณะของกังหันฟรานซิส 2-42
รูปที่ 2.30 ลักษณะของกังหันแคปแลน 2-42
รูปที่ 2.31 ตัวอย่างกังหันน้ำเดเรียซ 2-43
รูปที่ 2.32 ตัวอย่างกังหันน้ำเทอร์โก 2-44
รูปที่ 2.33 อาคารโรงไฟฟ้า 2-44
รูปที่ 2.34 ใบกังหันแบบต่างๆ เปรียบเทียบตามขนาดหัวน้ำ 2-45
รูปที่ 2.35 ลักษณะของทางน้ำล้น 2-46
รูปที่ 2.36 ลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าและสายส่งไฟฟ้า 2-47

# สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า


รูปที่ 2.37 การทำงานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ 2-47
รูปที่ 2.38 ลักษณะและส่วนประกอบของกราฟน้ำไหล 2-50
รูปที่ 2.39 การเปรียบเทียบลักษณะกราฟน้ำไหลของลุ่มแม่น้ำ 3 แห่ง 2-50
รูปที่ 3.1 พื้นฐานไดอะแกรมของโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ 3-3
รูปที่ 3.2 วัฏจักรไอน้ำเบื้องต้น 3-6
รูปที่ 3.3 วัฏจักรของแรงคิน 3-6
รูปที่ 3.4 T-s ไดอะแกรม และ P-V ไดอะแกรมของวัฏจักรแรงคิน 3-7
รูปที่ 3.5 วิธีไอร้อนยิ่งยวดในวัฏจักรแรงคิน 3-9
รูปที่ 3.6 วัฏจักรการให้ความร้อนซ้ำ 3-9
รูปที่ 3.7 T-s ไดอะแกรมของวัฏจักรการให้ความร้อนซ้ำ 3-10
รูปที่ 3.8 เปรียบเทียบวัฏจักรคาร์โนต์และวัฏจักรแรงคิน 3-11
รูปที่ 3.9 วัฏจักรรีเจนเนอเรเตอร์ทางทฤษฎี 3-12
รูปที่ 3.10 T-s ไดอะแกรมของวัฏจักรรีเจนเนอเรเตอร์ทางทฤษฎี 3-12
รูปที่ 3.11 หม้อน้ำและส่วนประกอบ 3-14
รูปที่ 3.12 ตัวแยกไอน้ำแบบ A-Type 3-15
รูปที่ 3.13 ตัวแยกไอน้ำแบบ D-Type 3-15
รูปที่ 3.14 ตัวแยกน้ำแบบ O-Type 3-16
รูปที่ 3.15 เครื่องอุ่นอากาศ 3-16
รูปที่ 3.16 กังหันน้ำขนาด 8 MW ชนิด Multi-Cylinder Preheat Turbine 3-18
รูปที่ 3.17 Rotor Blade, Stator Blade ของกังหันไอน้ำขนาด 8 MW 3-18
รูปที่ 3.18 ตัวควบแน่น 3-19
รูปที่ 3.19 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำติดตั้งร่วมกับกังหันไอน้ำ 3-20
รูปที่ 3.20 หัวพ่นเชื้อเพลิงแบบใช้ผงถ่านบดละเอียด (Pulverized-Coal Burner) 3-21
รูปที่ 3.21 (ก) การพ่นผงถ่านหิน เชื้อเพลิง และอากาศเข้าไปเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ 3-21
รูปที่ 3.22 ตัวป้อนแบบสกรู 3-22
รูปที่ 3.23 ตัวป้อนถ่านหินแบบกระทุ้ง 3-22
รูปที่ 3.24 ตัวป้อนถ่านหินแบบโซ่ 3-22

# สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า


รูปที่ 3.25 เครื่องบดถ่านหินแบบ Ball-Tub Mill 3-23
รูปที่ 3.26 เครื่องบดถ่านหินแบบ EL Ball-tube-and-Race Mill 3-23
รูปที่ 3.27 หอระบายความร้อนแบบ Natural-Draft Tower 3-24
รูปที่ 3. 28 หอระบายความร้อนแบบ Fan-Assisted Natural-Draft Tower 3-24
รูปที่ 3.29 Coal Washing 3-26
รูปที่ 3.30 ตัวควบแน่น 3-26
รูปที่ 3.31 Pulverized Fuel (PF) combustion 3-27
รูปที่ 3.32 Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) 3-27
รูปที่ 3.33 Pressurized Fluidized Bed Combustion Combined Cycle(OFBC) 3-28
รูปที่ 3.34 Electrostatic precipitation 3-28
รูปที่ 3.35 cyclone Separator 3-29
รูปที่ 3.36 Bag filter 3-29
รูปที่ 3.37 Flue Gas Desulfurization (FGD) 3-30
รูปที่ 3.38 โรงไฟฟ้าแม่เมาะ 3-33
รูปที่ 3.39 โรงไฟฟ้าบางประกง 3-35
รูปที่ 3.40 โรงไฟฟ้าพระนครใต้ 3-37
รูปที่ 4.1 การทำงานของโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ 4-3
รูปที่ 4.2 วัฏจักรของเครื่องกังหันก๊าซแบบเพลาเดียว (Single-Shaft Cycle) 4-4
รูปที่ 4.3 การทำงานของเครื่องกังหันก๊าซ 4-4
รูปที่ 4.4 กังหันก๊าซ 4-5
รูปที่ 4.5 ส่วนประกอบกังหันก๊าซ 4-6
รูปที่ 4.6 กังหันก๊าซแบบวงจรปิด (Close Cycle Gas Turbine) 4-8
รูปที่ 4.7 กังหันก๊าซแบบ 2 ตอน ( Two Stage Gas Turbine ) 4-8
รูปที่ 4.8 กังหันก๊าซแบบ 2 เพลา (Two Shafts Open – Cycle Gas Turbine) 4-10
รูปที่ 4.9 ห้องเผาไหม้แบบห้องเดี่ยวและแบบหลายห้อง 4-11
รูปที่ 4.10 ห้องเผาไหม้แบบวงแหวน 4-11
รูปที่ 4.11 เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ 4-13
รูปที่ 4.12 เครื่องอัดแบบโรตารี 4-15

# สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า


รูปที่ 4.13 พื้นฐานการทำงานของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ 4-17
รูปที่ 4.14 (ก) ไดอะแกรม P-V ของวัฏจักรเบรย์ตัน 4-19
รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่าง P-V ของวัฏจักรเบรย์ตัน 4-20
รูปที่ 4.16 P-V ไดอะแกรม 4-20
รูปที่ 4.17 (ก) วัฏจักรเบรย์ตันสำหรับกังหันก๊าซ (วัฏจักรเปิด) 4-21
รูปที่ 4.18 ไดอะแกรม T-S ของวัฏจักรเบรย์ตัน ก. วัฏจักรเปิด ข. วัฏจักรปิด 4-21
รูปที่ 4.19 ไดอะแกรมของกังหันก๊าซ 4-23
รูปที่ 4.20 T-s ไดอะแกรมของระบบที่ประกอบด้วยรีเจนเนเรเตอร์ทางอุดมคติ 4-23
รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซและโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ 4-25
รูปที่ 4.22 โรงไฟฟ้าสุราษฎร์ธานี 4-26
รูปที่ 4.23 โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซลานกระบือ 4-29
รูปที่ 5.1 การทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม 5-2
รูปที่ 5. 2 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมแบบแกนเดียว (SSCCP) 5-5
รูปที่ 5.3 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบหลายแกน 5-5
รูปที่ 5.4 ระบบผลิตพลังงานความร้อนร่วมวัฏจักรบน 5-6
รูปที่ 5.5 ระบบการผลิตพลังงานความร้อนร่วมแบบวัฏจักรล่าง 5-7
รูปที่ 5.6 การนำไอน้ำที่ทางออกของกังหันไปใช้ในกระบวนการผลิตโรงงาน 5-8
รูปที่ 5.7 หม้อกำเนิดไอน้ำ (Heat Recovery Steam Generator – HRSG) 5-9
รูปที่ 5.8 กังหันก๊าซวัฏจักรบน 5-12
รูปที่ 5.9 พลังความร้อนร่วมระหว่างกังหันก๊าซและกังหันไอน้ำ 5-13
รูปที่ 5.10 วัฏจักรเครื่องยนต์ดีเซล หรือเครื่องยนต์สันดาปภายใน 5-13
รูปที่ 5.11 ไดอะแกรมตัวอย่างของการผลิตพลังความร้อนร่วมที่ประกอบด้วยกังหันก๊าซ และกังหันไอน้ำ 5-14
รูปที่ 5.12 ไดอะแกรมแสดงการทำงานของพลังความร้อนร่วมที่ประกอบด้วยกังหันก๊าซ และกังหันไอน้ำ 5-17
รูปที่ 5.13 T – s ไดอะแกรมสำหรับรูปที่ 5.12 15-8
รูปที่ 5.14 โรงไฟฟ้าน้ำพอง 5-24
รูปที่ 5.15 โรงไฟฟ้าวังน้อย 5-26

# สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า


รูปที่ 5.16 โรงไฟฟ้าจะนะ 5-27
รูปที่ 5.17 โรงไฟฟ้าพระนครเหนือ 5-28
รูปที่ 6.1 รูดอล์ฟ ดีเซล (Rudolph Diesel) 6-3
รูปที่ 6.2 โรงไฟฟ้าดีเซล 6-4
รูปที่ 6.3 โครงสร้างของเครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ 6-9
รูปที่ 6.4 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ 6-10
รูปที่ 6.5 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ 6-11
รูปที่ 6.6 ส่วนประกอบของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ 6-12
รูปที่ 6.7 วัฏจักรเครื่องยนต์ดีเซล 6-14
รูปที่ 6.8 วัฏจักรอัดฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 6-16
รูปที่ 7.1 โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร 7-3
รูปที่ 7.2 โครงสร้างอะตอม 7-4
รูปที่ 7.3 ปฏิกิริยาลูกโซ่เรเนียม-235 7-7
รูปที่ 7.4 ปฏิกรณ์นิวเคลียร์ 7-9
รูปที่ 7.5 เชื้อเพลิงแบบต่างๆ 7-10
รูปที่ 7.6 แท่งควบคุม (Control Rod) 7-11
รูปที่ 7.7 อาคารปฏิกรณ์ 7-12
รูปที่ 7.8 ไดอะแกรมของระบบไอน้ำนิวเคลียร์โดยย่อ 7-13
รูปที่ 7.9 ไดอะแกรมการผลิตไฟฟ้านิวเคลียร์ 7-14
รูปที่ 7.10 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบน้ำเดือด (Boiling Water Reactor: BWR) 7-16
รูปที่ 7.11 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบความดันสูง 7-17
รูปที่ 7.12 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบน้ำหนักมวลความดันสูง (PHWR) 7-19
รูปที่ 7.13 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบระบายความร้อนด้วยก๊าซ 7-20
รูปที่ 7.14 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยโลหะเหลว (LMFBR) 7-21
รูปที่ 7.15 วัฏจักรเชื้อเพลิง 7-22
รูปที่ 7.16 ตัวอย่างการจัดวางเชื้อเพลิง 7-25
รูปที่ 7.17 เปรียบเทียบการรับรังสีจากแหล่งต่างๆ 7-26
รูปที่ 7.18 การระบายความร้อนเหลือใช้ 7-27

# สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า


รูปที่ 7.19 การแผ่กระจายน้ำอุ่นเมื่อมองลงสู่ผิวน้ำ 7-28
รูปที่ 7.20 ถังบรรจุแก้วปนกาก 7-30
รูปที่ 7.21 โรงไฟฟ้าเชอร์โนบิลหลังเกิดการระเบิด 7-32
รูปที่ 7.22 เตาปฏิกรณ์ที่ใช้ในโรงไฟฟ้า Chernobyl 7-33
รูปที่ 7.23 แผนผังเตาปฏิกรณ์ RBMK ที่ใช้ในโรงไฟฟ้า Chernobyl 7-34
รูปที่ 7.24 ภาพถ่ายทางอากาศของเตาปฏิกรณ์โรงไฟฟ้า Chernobyl 7-36
รูปที่ 7.25 โรงไฟฟ้า Chernobyl ในปัจจุบัน 37-7
รูปที่ 7.26 สารคล้ายลาวาที่เกิดจากเชื้อเพลิงหลอมรวมกับซีเมนต์และสารอื่นๆ ไหลออกมาจากวาล์วใต้เตา 7-38
รูปที่ 7.27 โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ 7-39
รูปที่ 8.1 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามชนิดพลังงานไตรมาส 1/2567 8-4
รูปที่ 8.2 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจไตรมาส 1/2567 8-5
รูปที่ 8.3 การใช้พลังงานทดแทนไตรมาสที่ 1/2567 8-6
รูปที่ 8.4 การผลิตพลังงานจำแนกตามชนิดพลังงานไตรมาสที่ 1/2567 8-6
รูปที่ 8.5 การใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าไตรมาสที่ 1/2567 8-7
รูปที่ 8.6 บ่อหมักก๊าซชีวภาพ 8-12
รูปที่ 8.7 บ่อหมักแบบ AF และแบบ UASB 8-12
รูปที่ 8.8 โรงไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ 8-14
รูปที่ 8.9 การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ 8-15
รูปที่ 8.10 กังหันลมผลิตไฟฟ้า 8-19
รูปที่ 8.11 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและความเร็วลมของกังหันลม 8-20
รูปที่ 8.12 โครงสร้างของกังหันลมผลิตไฟฟ้า 8-21
รูปที่ 8.13 ส่วนประกอบภายในกังหันลม 8-23
รูปที่ 8.14 บริเวณสถานีพลังงานทดแทนพรหมเทพ จ.ภูเก็ต 8-24
รูปที่ 8.15 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ 8-26
รูปที่ 8.16 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ 8-27
รูปที่ 8.17 อุปกรณ์สำคัญของการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ 8-29
รูปที่ 8.18 โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เขื่อนสิรินธร 8-31

# สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า


รูปที่ 8.19 โรงไฟฟ้าลพบุรีโซลาร์ 8-32
รูปที่ 8.20 การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานคลื่นแบบลอย 8-33
รูปที่ 8.21 การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานคลื่นแบบอยู่กับที่ 8-34
รูปที่ 8.22 ค่าเฉลี่ยความแตกต่างอุณหภูมิผิวน้ำและที่ความลึก 1,000 เมตร ณ บริเวณละติจูดต่าง ๆ 8-35
รูปที่ 8.23 ระบบแบบวงจรปิดสำหรับผลิตไฟฟ้าจากมหาสมุทร 8-36
รูปที่ 8.24 ระบบแบบวงจรเปิดสำหรับผลิตไฟฟ้าจากมหาสมุทร 8-37
รูปที่ 8.25 Tidal Turbine ขนาด 1.2 MW ติดตั้งในทะเลที่ Strangford Lough 8-39
รูปที่ 8.26 โรงไฟฟ้าพลังน้ำขึ้น-น้ำลง ลาแรนซ์ ประเทศฝรั่งเศส 8-40
รูปที่ 8.27 การใช้ประโยชน์จากน้ำขึ้น-น้ำลง 8-42
รูปที่ 8.28 ชีวมวลแบบต่าง ๆ 8-44
รูปที่ 8.29 เม็ดพลังงานเชื้อเพลิง 8-47
รูปที่ 8.30 กังหันเทคโนโลยีกังหันไอน้ำแบบ Back Pressure 8-48
รูปที่ 8.31 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพฝาง ระบบ 2 วงจร ขนาด 300 kW 8-50
รูปที่ 8.32 โรงไฟฟ้า ระบบ 2 วงจร ขนาด 300 kW 8-51
รูปที่ 9.1 ลานไกสถานีไฟฟ้า 22 kV แบบใช้อากาศ 9-4
รูปที่ 9.2 สถานีไฟฟ้าเคลื่อนที่ (Mobile Substation) 9-4
รูปที่ 9.3 สถานีไฟฟ้าชั่วคราว (Modular Substation) 9-5
รูปที่ 9.4 โมเลกุลของ $SF_6$ 9-6
รูปที่ 9.5 สถานีไฟฟ้าแบบใช้ก๊าซ $SF_6$ (GIS) 9-8
รูปที่ 9.6 เปรียบเทียบระหว่างสถานีไฟฟ้าแบบ AIS และ GIS 9-8
รูปที่ 9.7 การควบคุมการทำงานของเบรกเกอร์ 9-10
รูปที่ 9.8 การแบ่งประเภทของ Circuit Breaker 9-11
รูปที่ 9.9 Air Circuit Breaker 9-12
รูปที่ 9.10 Oil Circuit Breaker 9-14
รูปที่ 9.11 Minimum Oil Circuit Breaker 9-14
รูปที่ 9.12 (ก) วิธีการดับอาร์คโดยใช้ก๊าซ (ข) Gas Circuit Breaker แบบ Live Tank 9-16
รูปที่ 9.13 Gas Circuit Breaker แบบ Dead Tank 9-17

รูปที่ 9.14 Vacuum Circuit Breaker 9-18
รูปที่ 9.15 Vacuum Circuit Breaker ในตู้ Switchgear ภายในสถานีไฟฟ้า 9-19
รูปที่ 9.16 หม้อแปลงกำลังขนาด 50 MVA ภายในสถานีไฟฟ้าย่อยเวียงป่าเป้า จ.เชียงราย 9-20
รูปที่ 9.17 ระบบไฟฟ้าที่ใช้หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์เปลี่ยนแรงดัน 9-21
รูปที่ 9.18 หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง 3 เฟส 9-22
รูปที่ 9.19 ความสูญเสียที่เกิดขึ้นในหม้อแปลง 9-23
รูปที่ 9.20 ถังหม้อแปลงที่บรรจุชุด Active Part เพื่อทำสุญญากาศและเติมน้ำมัน 9-24
รูปที่ 9.21 ถังน้ำมันสำรอง (Conservator Tank) 9-25
รูปที่ 9.22 การติดตั้ง Conservator Tank บนตัวถังหม้อแปลง 9-26
รูปที่ 9.23 Buchholz Relay 9-27
รูปที่ 9.24 ลูกลอยลูกบนระดับลงส่งสัญญาณ Alarm เมื่อเกิดความผิดปกติไม่รุนแรง 9-27
รูปที่ 9.25 ลูกลอยล่างส่งสัญญาณ Trip เมื่อเกิดความผิดปกติรุนแรง 9-28
รูปที่ 9.26 โครงสร้างภายในของ Buchholz Relay 9-28
รูปที่ 9.27 กระเปาะซิลิกา (Silica Gel Breather) 9-29
รูปที่ 9.28 ลิ้นระบายความดัน (Pressure Relief Valve) 9-30
รูปที่ 9.29 Arcing Horn ที่ติดตั้งในหม้อแปลง 9-31
รูปที่ 9.30 ชุดเปลี่ยนแท็ปแบบต่าง ๆ 9-32
รูปที่ 9.31 ชุดเปลี่ยนแท็ปที่ติดตั้งกับขดลวดหม้อแปลง 9-32
รูปที่ 9.32 รีเลย์ปรับแรงดัน (Automatic Voltage Regulating Relay) 9-33
รูปที่ 9.33 CT ระบบ 115 kV ที่ใช้ในสถานีไฟฟ้าย่อยเวียงป่าเป้า จ.เชียงราย 9-35
รูปที่ 9.34 กราฟ B-H ของแกนเหล็ก 9-36
รูปที่ 9.35 สัญลักษณ์หม้อแปลงกระแสแบบขดเดียวและแบบหลายขด 9-38
รูปที่ 9.36 PT ระบบ 115 kV ที่ใช้สถานีไฟฟ้าย่อยเวียงป่าเป้า จ.เชียงราย 9-39
รูปที่ 9.37 Electromagnet HV Voltage Transformer 9-40
รูปที่ 9.38 Capacitive Voltage Transformer (CVT) 9-41
รูปที่ 9.39 ไดอะแกรมเฟสเซอร์ของแรงดันในระบบต่อลงดินโดยตรง 9-44
รูปที่ 9.40 ไดอะแกรมเฟสเซอร์ของแรงดันในระบบต่อ NGR 9-45
รูปที่ 9.41 เคาท์เตอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ 9-46
รูปที่ 9.42 รูปแบบของสวิตซ์ใบมีด 9-46
รูปที่ 9.43 สวิตซ์ใบมีดแบบ Vertical Break ระบบ 500 kV 9-47
รูปที่ 9.44 สวิตซ์ใบมีดแบบ Vertical Center Break ระบบ 230 kV 9-48
รูปที่ 9.45 สวิตซ์ใบมีดแบบ Horizontal Center Break ระบบ 230 kV 9-48

รูปที่ 9.46 สวิตช์ใบมีดแบบ Double Side Break ภายในสถานีไฟฟ้า 115 kV 9-49
รูปที่ 9.47 การติดตั้งรีโคลสเซอร์ (Recloser) 9-50
รูปที่ 9.48 ดรอปเอาท์ฟิวส์ ติดตั้งบนไม้คอน 9-50
รูปที่ 9.49 โหลดเบรกสวิตช์ (Load Break Switch) 9-51
รูปที่ 9.50 แอร์เบรกสวิตช์ขณะกำลังตัดวงจร 9-52
รูปที่ 9.51 ห้องเก็บตัวเก็บประจุในสถานีไฟฟ้า 9-53
รูปที่ 9.52 แบตเตอรี่ภายในสถานีไฟฟ้า 9-54
รูปที่ 9.53 การต่อแบตเตอรี่ในสถานีไฟฟ้า 9-54
รูปที่ 9.54 ลักษณะ GIS แบบถังชนิดเฟสเดียว 9-55
รูปที่ 9.55 ลักษณะ GIS แบบถังชนิด 3 เฟส 9-56
รูปที่ 9.56 เปรียบเทียบ Diameter ลักษณะ GIS แบบถังชนิด 3 เฟสกับถังชนิดเฟสเดียว 9-57
รูปที่ 9.57 บัสบาร์ (Busbar) 9-58
รูปที่ 9.58 เซอร์กิตเบรกเกอร์ 145 kV ในสถานี GIS 9-59
รูปที่ 9.59 สวิตช์ใบมีดในสถานี GIS 9-60
รูปที่ 9.60 สวิตช์กราวด์ในสถานี GIS 9-61
รูปที่ 9.61 CT ในสถานี GIS 9-62
รูปที่ 9.62 PT แบบขดลวดในสถานี GIS 9-63
รูปที่ 9.63 Gas Insulated Switchgear ระบบสายส่ง 170 kV 9-64
รูปที่ 9.64 Structure of 145 kV GIS 9-65
รูปที่ 9.65 Combined Function GIS 9-66
รูปที่ 9.66 การจัดบัสเดี่ยวหรือบัสประธาน (Single or Main Bus) 9-68
รูปที่ 9.67 การจัดบัสแรงสูงตัดตอน (Sectionalized High Voltage Bus) 9-69
รูปที่ 9.68 บัสเดี่ยวตัดตอน (Sectionalized Single Bus) 9-70
รูปที่ 9.69 การจัดวงจรแบบบัสหลักและบัสโอน (Main and Transfer Bus) 9-71
รูปที่ 9.70 บัสประธานคู่ (Double Main Bus and Transfer Bus) 9-72
รูปที่ 9.71 การจัดวงจรแบบบัสคู่ตัวหยุดเดี่ยว (Double Bus Single Breaker) 9-73
รูปที่ 9.72 บัสคู่ตัวหยุดคู่ (Double Bus Double Breaker) 9-74
รูปที่ 9.73 บัสแบบตัวหยุดครึ่ง (Breaker and a Half) 9-75
รูปที่ 9.74 บัสวงจรเดี่ยวเป็นส่วน ๆ (Sectionalized Single Ring Bus) 9-76
รูปที่ 9.75 บัสวงจรคู่เป็นส่วน ๆ (Sectionalized Double Ring Bus) 9-77
รูปที่ 9.1 ลานไกสถานีไฟฟ้า 22 kV แบบใช้อากาศ 9-3
รูปที่ 9.2 สถานีไฟฟ้าเคลื่อนที่ 9-3

รูปที่ 9.3 สถานีไฟฟ้าชั่วคราว (Modura Substation) 9-4
รูปที่ 9.4 โมเลกุลของ 9-5
รูปที่ 9.5 สถานีไฟฟ้าแบบใช้ก๊าซ (GIS) 9-6
รูปที่ 9.6 เปรียบเทียบระหว่างสถานีไฟฟ้าแบบ AIS และ GIS 9-7
รูปที่ 9.7 การควบคุมการทำงานของเบรกเกอร์ 9-8
รูปที่ 9.8 การแบ่งประเภทของ Circuit Breaker 9-9
รูปที่ 9.9 Air Circuit Breaker 9-10
รูปที่ 9.10 Oil Circuit Breaker 9-12
รูปที่ 9.11 Minimum Oil Circuit 9-12
รูปที่ 9.12 Gas circuit Breaker แบบ live tank 9-14
รูปที่ 9.13 Gas circuit Breaker แบบ dead tank 9-15
รูปที่ 9.14 vacuum circuit breaker 9-16
รูปที่ 9.15 Vacuum Circuit Breaker ในตู้ Switchgear ภายในสถานีไฟฟ้า 9-16
รูปที่ 9.16 หม้อแปลงกำลังขนาด 50 MVA ภายในสถานีไฟฟ้าย่อยเวียงป่าเป้า จ.เชียงราย 9-17
รูปที่ 9.17 ระบบไฟฟ้าที่ใช้หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์เปลี่ยนแรงดัน 9-18
รูปที่ 9.18 หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง 3 เฟส 9-18
รูปที่ 9.19 ความสูญเสียที่เกิดขึ้นในหม้อแปลง 9-20
รูปที่ 9.20 ถังหม้อแปลงที่บรรจุชุด Active Part เพื่อทำสุญญากาศ (Vacuum) 9-21
รูปที่ 9.21 ถังน้ำมันสำรอง (Conservator Tank) 9-21
รูปที่ 9.22 การติดตั้ง Conservator tank บนตัวถังหม้อแปลง 9-22
รูปที่ 9.23 Buchholz Relay 9-23
รูปที่ 9.24 ลูกลอยลูกบนระดับลงสัญญาณ Alarm เมื่อเกิดความผิดปกติไม่รุนแรง 9-23
รูปที่ 9.25 ลูกลอยล่างส่งสัญญาณ trip เมื่อเกิดความผิดปกติรุนแรง 9-23
รูปที่ 9.26 โครงสร้างภายในของ Buchholz Relay 9-24
รูปที่ 9.27 กระเปาะซิลิก้า 9-24
รูปที่ 9.28 ลิ้นระบายความดัน (Pressure Relief Value) 9-25
รูปที่ 9.29 Aring Horn ที่ติดตั้งในหม้อแปลง 9-26
รูปที่ 9.30 ชุดเปลี่ยนแท็ปแบบต่างๆ 9-27
รูปที่ 9.31 ชุดเปลี่ยนแท็ปที่ติดตั้งกับขดลวดหม้อแปลง 9-27
รูปที่ 9.32 รีเลย์ปรับแรงดัน 9-28
รูปที่ 9.33 CT ระบบ 115 kV ที่ใช้ในสถานีไฟฟ้าย่อยเวียงป่าเป้า จ.เชียงราย 9-30
รูปที่ 9.34 สัญลักษณ์หม้อแปลงกระแสแบบขดเดียว และแบบหลายขด 9-33

# สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า


รูปที่ 9.35 PT ระบบ 115 kV ที่ใช้สถานีไฟฟ้าไฟฟ้าย่อยเวียงป่าเป้า จ.เชียงราย 9-34
รูปที่ 9.36 Electromagnet HV Voltage Transformer 9-35
รูปที่ 9.37 Capacitive Voltage Transformer 9-36
รูปที่ 9.38 ไดอะแกรมเฟสเซอร์ของแรงดันในระบบต่อลงดินโดยตรง 9-39
รูปที่ 9.39 ไดอะแกรมเฟสเซอร์ของแรงดันในระบบต่อ NGR 9-39
รูปที่ 9.40 เคาท์เตอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ 9-40
รูปที่ 9.41 รูปแบบของสวิตซ์ใบมีด 9-40
รูปที่ 9.42 สวิตซ์ใบมีด แบบ Vertical Break ระบบ 500 kV 9-41
รูปที่ 9.43 สวิตซ์ใบมีด Vertical Center Break ระบบ 230 kV 9-41
รูปที่ 9.44 สวิตซ์ใบมีด Horizontal Center Break ระบบ 230 kV 9-42
รูปที่ 9.45 สวิตซ์ใบมีดแบบ Double Side Break ภายในสถานีไฟฟ้า 115 kV 9-42
รูปที่ 9.46 การติดตั้งรีโคลสเซอร์ 9-43
รูปที่ 9.47 ดรอฟเอาท์ฟิวส์ ติดตั้งบนไม้คอน 9-44
รูปที่ 9.48 โหลดเบรกสวิตซ์ 9-44
รูปที่ 9.49 แอร์เบรกสวิตซ์ ขณะกำลังตัดวงจร 9-45
รูปที่ 9.50 ห้องเก็บตัวเก็บประจุ ในสถานีไฟฟ้า 9-46
รูปที่ 9.51 แบตเตอรรี่ภายในสถานีไฟฟ้า 9-46
รูปที่ 9.52 การต่อแบบเตอรรี่ในสถานีไฟฟ้า 9-47
รูปที่ 9.53 การจัดบัสเดี่ยวหรือบัสประธาน 9-48
รูปที่ 9.54 การจัดบัสแรงสูงตัดตอน 9-49
รูปที่ 9.55 บัสเดี่ยวตัดตอน 9-50
รูปที่ 9.56 บัสประธานคู่ 9-50
รูปที่ 9.57 บัสประธานและบัสถ่ายโอน 9-51
รูปที่ 9.58 บัสประธานสำรองและบัสโอน 9-52
รูปที่ 9.59 บัสประธานและบัสโอนสำรอง 9-53
รูปที่ 9.60 บัสเบรกเกอร์ครึ่ง 9-54
รูปที่ 9.61 บัสวง 9-54