บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

COMPUTER BASED TRAINING ON BANGPAKONG THERMAL POWER PLANT

สำราญ ฟักเหลือง

SUMRARN FUKLAUNG

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-ED-M-231-068

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

COMPUTER BASED TRAINING ON BANGPAKONG THERMAL POWER PLANT

T105268

สำราญ ฟักเหลือง

SUMRARN FUKLAUNG

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....105268
วัน,เดือน,ปี.....18 พ.ย. 2552

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-ED-M-231-068

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPUTER BASED TRAINING ON BANGPAKONG THERMAL POWER PLANT

SUMRARN FUKLAUNG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION IN

ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2009

KMITL-2009-ED-M-231-068

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2009

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

Computer Based Training on Bangpakong Thermal Power Plant

นักศึกษา นายสำราญ ฟักเหลือง

รหัสประจำตัว 48063503

ปริญญา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.วิสุทธิ์	สุนทรธนกพงศ์	
ผศ.ดร.ธีระพล	เทพหัสดิน ณ อยุธยา	
ดร.สมชาย	หมื่นสายญาติ	
ผศ.ประเสริฐ	เดนพันดอ	
รศ.ดร.กัลยาณี	จิตต์การุณย์	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 23 เมษายน 2552 เวลา 14.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้องเรียนปริญญาเอก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

วันที่ 20 **เดือน** พฤษภาคม **พ.ศ.** 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง**
นักศึกษา	**นายสำราญ ฟักเหลือง**
รหัสนักศึกษา	48063503
ปริญญา	**ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต**
สาขาวิชา	**วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร**
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	**ผศ. ดร. ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา**
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	**ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ**

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อสร้างรวมทั้งหาคุณภาพ และประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง โดยตั้งสมมติฐานไว้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป และมีประสิทธิภาพของบทเรียน คือ E1/E2 เท่ากับ 80/80 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นพนักงานระดับปฏิบัติการของ กองการผลิตโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาตามแผน กองบำรุงรักษาอุปกรณ์สนับสนุนโรงไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าบางปะกง จำนวน 30 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการอบรมของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ดัชนีความสอดคล้อง IOC ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่น หาประสิทธิภาพบทเรียน

ผลการวิจัย พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง มีคุณภาพด้านเนื้อหา ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.58) และด้านสื่อ ($\overline{X}$ = 4.62, S.D. = 0.49) จัดอยู่ในระดับดีมาก และมีประสิทธิภาพของบทเรียนเท่ากับ 82.33/83.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Computer Based Training on Bangpakong Thermal Power Plant
Student	Mr. Sumrarn Fuklaung
Student ID.	48063503
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electrical Communications Engineering
Year	2009
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr.Threraphon Thephasadin Na Ayuthya
Thesis Co-advisor	Dr. Somchai Maunsaiyat

ABSTRACT

The purposes of this research were to develop and to find out the quality as well as the effectiveness of Computer Based Training on Bangpakong Thermal Power Plant. The research hypotheses were set and tested to determine whether the lesson's quality would be more or equal to a very good level, and whether its efficiency or E1/E2 would be 80/80.

The sample used in this research consisted of operator's level from Electrical Heating Energy Plant, Thermal Power Plant Production Department, Thermal Power Plant Maintenance Department, Planned Outage Maintenance Department, and Power Plant Auxiliary Equipment Maintenance Department, totaled of 30 persons. using purposive sampling. The tools Utilizes in this study were Computer Based Training, Assess quality form of Computer Based Training, and The Quotient Measurement testing form of Computer Based Training, the statistic for data analysis was Index of item Objective Congruence, Arithmetic mean, Standard Deviation, Difficulty, Discrimination, Reliability and Effectiveness of Computer Assisted Instruction.

The results of the research were found that Computer Based Training on Bangpakong Thermal Power Plant had the quality of content ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.58) and multimedia ($\overline{X}$ = 4.62, S.D. = 0.49) at the great level and its effectiveness was 82.33/83.33, which was higher than the specified criteria. This meant that the Computer Based Training on Bangpakong Thermal Power Plant. could be applied for teaching and learning efficiently.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุลวงไปด้วยดีก็ด้วยความอนุเคราะห์จากท่าน ผศ. ดร. ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และดร.สมชาย หมื่นสายญาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำรวมทั้งการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิจัยด้วยความเอาใจใส่เสมอมา ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำ เพื่อการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณกลุ่มตัวอย่างคือ พนักงานทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จเป็นไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร รุ่น 10 ทุกคนที่เป็นกำลังใจคอยช่วยเหลือทั้งทางตรงและทางอ้อมให้ข้าพเจ้าด้วยดีเสมอมา และขอขอบคุณรุ่นพี่ ที่ให้ข้อมูลสนับสนุนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของข้าพเจ้า ส่งผลให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

คุณค่า และประโยชน์ใดๆ อันพึงมีจากการทำวิทยานิพนธ์นี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่บิดา มารดา ครู-อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพยิ่ง แต่หากมีข้อผิดพลาดประการใดข้าพเจ้าขอรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

สำราญ ฟักเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย 3

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย 3

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 4

1.6 นิยามคำศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 โรงไฟฟ้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้าสำคัญในประเทศไทย 7

2.2 โรงไฟฟ้าพลังความร้อน 10

2.3 โรงไฟฟ้าบางปะกง 27

2.4 ความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม 41

2.5 การออกแบบพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม 53

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 55

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 58

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 58

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 58

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 60

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล 66

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล **71**

4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ 71

4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน 74

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผลวิจัย และข้อเสนอแนะ **77**

5.1 สรุปผลการวิจัย 77

5.2 การอภิปรายผลวิจัย 80

5.3 ข้อเสนอแนะ 82

บรรณานุกรม **83**

ภาคผนวก **85**

ภาคผนวก ก หนังสือราชการและรายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ 86

ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพด้านสื่อและด้านเนื้อหา 89

ภาคผนวก ค ผลการประเมินคุณภาพด้านสื่อและด้านเนื้อหา 94

ภาคผนวก ง ผลการประเมินความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ 98

ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น 106

ภาคผนวก ฉ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 112

ภาคผนวก ช ผลสัมฤทธิ์การทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 117

ภาคผนวก ซ ตัวอย่างโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 120

ประวัติผู้เขียน **123**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติของก๊าซที่ระบายออกจากปล่องควันของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง	32
2.2	แสดงอัตราการใช้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน	33
2.3	ลักษณะทางเทคนิคของอุปกรณ์การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าความร้อนบางปะกง	33
4.1	ผลการวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้านเนื้อหา	71
4.2	ผลการวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้านสื่อ	72
4.3	สรุปผลการวิเคราะห์หาคุณภาพบาทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม	73
4.4	ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียน	74
4.5	สรุปผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	โรงไฟฟ้าพลังความร้อน	11
2.2	ที่ตั้งโรงไฟฟ้าบางปะกง	28
2.3	โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม 1, 2 บางปะกง	29
2.4	โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม 3, 4 บางปะกง	29
2.5	โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง	30
2.6	กระบวนการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง	34
2.7	แสดงโครงสร้างของบทเรียนโปรแกรมแบบเชิงเส้น	42
2.8	แสดงโครงสร้างของบทเรียนโปรแกรมแบบไม่เชิงเส้น	42
3.1	ขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม	63
3.2	ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญต่อชีวิตประจำวันของประชาชน และการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) จึงมุ่งมั่นอย่างแน่วแน่ที่จะพัฒนาแหล่งผลิตไฟฟ้าและระบบส่งไฟฟ้าให้ขยายไปทั่วประเทศเพื่อให้สามารถรองรับความต้องการใช้ไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพียงพอตลอดไป

ผลของการเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อ พ.ศ. 2516 ที่กระทบต่อระบบการผลิตไฟฟ้าเป็นสิ่งบ่งชี้ว่า แหล่งผลิตไฟฟ้าจะสามารถอำนวยประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศได้อย่างสูงสุดนั้นต้องใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ภายในประเทศ ฉะนั้น กฟผ.จึงมีนโยบายพัฒนาแหล่งผลิตประเภทดังกล่าวอย่างรวดเร็วและกว้างขวางซึ่งได้แก่ พลังน้ำ ลิกไนต์ และก๊าซธรรมชาติ

โครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าบางปะกงเป็นโครงการขยายแหล่งผลิตไฟฟ้าที่สำคัญโครงการหนึ่ง กล่าวคือ เป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ช่วยลดการใช้น้ำมันที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศได้เป็นจำนวนมากนอกจากนั้น ยังมีส่วนช่วยสนับสนุนอุตสาหกรรมปิโตรเคมีคัลและการพัฒนาอุตสาหกรรมชายฝั่งทะเลตะวันออกให้บรรลุผลขึ้น อนึ่งโรงไฟฟ้าบางปะกงเป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ ประกอบด้วย โรงไฟฟ้า 2 ประเภท คือ โรงไฟฟ้าพลังความร้อนและโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมซึ่งใช้ก๊าซธรรมชาติจากอ่าวไทยเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าอันเป็นการสนับสนุนนโยบายพัฒนาแหล่งก๊าซธรรมชาติในทะเลของรัฐบาลอีกด้วย

โครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าบางปะกงแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 เริ่มก่อสร้างเมื่อ เดือน กันยายน 2522 แล้วเสร็จสมบูรณ์ในเดือน พฤษภาคม 2527 รวมกำลังผลิตของโครงการระยะที่ 1 ทั้งสิ้น 1,840,000 กิโลวัตต์ประกอบด้วย

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมชุดที่ 1 และ 2 กำลังผลิตชุดละ 870,000 กิโลวัตต์ (แต่ละชุดประกอบด้วย โรงไฟฟ้ากังหันแก๊สขนาด 60,000 กิโลวัตต์จำนวน 4 เครื่องและโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำขนาด 130,000 กิโลวัตต์จำนวน 1 เครื่อง) โรงไฟฟ้าพลังความร้อนเครื่องที่ 1 และ 2 กำลังผลิตเครื่องละ 550,000 กิโลวัตต์

ระยะที่ 2 เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจของประเทศไทย เมื่อพ.ศ. 2530 – 2531 ได้ขยายตัวสูงมากการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นสูงมากกว่าที่คาดการณ์ไว้ กฟผ. จึงวางแผนเร่งพัฒนาแหล่งผลิตไฟฟ้าเพื่อสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าให้เพียงพอพร้อมทั้งเพิ่มความมั่นคงแก่ระบบไฟฟ้าของประเทศ การก่อสร้างโรงไฟฟ้าบางปะกงระยะที่ 2 จึงได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่ เดือน ตุลาคม 2531 แล้วเสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน เดือนตุลาคม 2536 รวมกำลังผลิตของโครงการระยะที่ 2 ทั้งสิ้น 1,840,000 กิโลวัตต์ ประกอบด้วย

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนเครื่องที่ 3 และ 4 กำลังผลิตเครื่องละ 600,000 กิโลวัตต์

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมชุดที่ 3 และ 4 กำลังผลิตชุดละ 320,000 กิโลวัตต์ (แต่ละชุดประกอบด้วย โรงไฟฟ้ากังหันแก๊สขนาด 105,500 กิโลวัตต์จำนวน 2 เครื่องและโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำขนาด 109,000 กิโลวัตต์ จำนวน 1 เครื่อง)

โรงไฟฟ้าเดินเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าระบบเพื่อจ่ายให้ผู้ใช้ไฟฟ้าทั่วประเทศ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม โรงพยาบาล สถานที่ราชการต่างๆ รวมทั้งที่อยู่อาศัยของประชาชนทั่วๆ ไป จึงต้องมีไฟฟ้าตลอด เวลา 24 ชั่วโมง เพราะฉะนั้นโรงไฟฟ้าต้องเดินเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ผู้ใช้ (ระบบ) ตลอด 24 ชั่วโมง ด้วยเหมือนกันเมื่อโรงไฟฟ้าเดินเครื่องปกติ ก็ต้องมีพนักงานควบคุมการเดินเครื่องโรงไฟฟ้าประจำแต่ละจุดของโรงไฟฟ้า เพื่อควบคุมและดูแลอุปกรณ์ของโรงไฟฟ้าให้จ่ายกระแสไฟฟ้าได้ตามปกติ ที่ระบบต้องการใช้กระแสไฟฟ้าถ้ากระแสไฟฟ้าขาดหายไป ในช่วงที่มีความต้องการใช้กระแสไฟฟ้ามากๆ ก็จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าดับได้หรือแรงดันภายในระบบตกลง ทำให้อุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าไม่สามารถทำงานได้ เช่น โรงพยาบาล โรงงาอุตสาหกรรม แม้กระทั่งบ้านเรือนประชาชนไฟฟ้าดับทำให้เศรษฐกิจของประเทศเสียหาย และประชาชนเดือดร้อน โรงไฟฟ้าเดินเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าปกติ ก็จะต้องควบคุมให้โรงไฟฟ้าเดินเครื่องไปตามแผนการเดินเครื่องที่มีมาแล้วล่วงหน้าอย่างดี พยายามไม่ให้โรงไฟฟ้าหยุดเดินเครื่องฉุกเฉิน นอกแผนการเดินเครื่องที่ออกมาแล้ว ทำให้โรงไฟฟ้าต้องลดการจ่ายกระแสไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้า เนื่องจากอุปกรณ์ของโรงไฟฟ้าทำงานผิดพลาด ซึ่งอุปกรณ์ของโรงไฟฟ้าแต่จุดจะมีพนักงานควบคุมการเดินเครื่องคอยดูแลอยู่ทุกๆ จุดเป็นอย่างดีทั้งด้าน Boiler Steam Turbine และGenerator เมื่อต้องการให้โรงไฟฟ้าเดินเครื่องได้ตามแผนที่วางไว้ล่วงหน้าไม่ให้ผิดพลาด ซึ่งพนักงานควบคุมการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้าจะต้องตระหนักในเรื่องนี้เป็นสำคัญทุกคน เพราะฉะนั้นพนักงานควบคุมการเดินเครื่อง หรือพนักงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย หรือผู้สนใจก็ต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโรงไฟฟ้า และอุปกรณ์ของโรงไฟฟ้าทั้งหมด

เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นในการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้า ของพนักงานควบคุมการเดินเครื่องดูแลอุปกรณ์ให้ทำงานสอดคล้องกับระบบอื่นๆ ของโรงไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น จากปัญหาในการที่จะเรียนรู้ข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆ ของโรงไฟฟ้า ในสภาพจริงของการทำงานที่มีอุปกรณ์ต่างๆ ที่สำคัญของโรงไฟฟ้าเดินเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าในปัจจุบันซึ่งไม่มีในบทเรียนปัจจุบันทำให้ผู้วิจัยเห็นว่าการพัฒนาสื่อคอมพิวเตอร์ เพื่อการเรียนรู้เสริมจะสามารถเข้ามาแก้ปัญหาในการเรียนรู้อุปกรณ์ต่างๆ ของโรงไฟฟ้าได้ในขณะที่เทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาก้าวหน้าไปอย่างมาก และยังสามารถนำมาประยุกต์เพื่อเสริมในขบวนการในการให้ความรู้และความเข้าใจในงานด้านต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม โดยเป็นเครื่องมือที่ใช้ประกอบในการช่วยให้ความรู้ เพื่อประยุกต์ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สื่อคอมพิวเตอร์ในแต่ละส่วนของการเสริมสร้างความรู้จำเป็นที่จะต้องสร้างความเข้าใจอย่างถูกต้องชัดเจน โดยเฉพาะส่วนที่จะนำมาเป็นตัวแทนผู้สอน

ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง มีประโยชน์โดยตรงต่อผู้สนใจและผู้ทำงานเรียนรู้ด้วยตัวเอง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและหาคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง มีคุณภาพในระดับดีขึ้นไป

2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ที่กำหนด E1/E2:80/80

1.4 กรอบแนวความคิดของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดเงื่อนไขกรอบแนวคิดในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง โดยมีเนื้อหาแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

1. หม้อกำเนิดไอน้ำ (Boiler)
2. เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine)
3. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

ผู้วิจัยได้ประยุกต์มาจากเทคนิคการออกแบบบทเรียนการสอนซึ่งมี 9 ขั้นตอน ของ Gagne (อ้างใน สุกรี รอดโพธิ์ทอง 2535:4 – 7) ดังนี้

1. เร้าความสนใจ (Gain Attention) เพื่อกระตุ้นและจูงใจผู้เรียน
2. บอกวัตถุประสงค์ (Specify Objectives) ในการเรียนให้ผู้เรียนทราบ
3. ทบทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge) เพื่อเตรียมผู้เรียนให้พร้อม
4. เสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information) การเสนอเนื้อหาของการเรียนรู้ด้วยคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การชี้แนวทางในการเรียนรู้ (Guide Learning) เป็นหน้าที่ของผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่จะพยายามใช้เทคนิคในการกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในการศึกษา เชื่อมโยงกับความรู้ใหม่

6. กระตุ้นการตอบสนอง (Elicit Response) เพื่อให้ผู้เรียนได้ร่วมกระทำกิจกรรมต่างๆ (Provide Feed back) เป็นการเร้าความสนใจแก่ผู้เรียน

7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback) เป็นการช่วยเร้าความสนใจ และเป็นการบอกว่าขณะนั้นผู้เรียนอยู่ตรงจุดใด ห่างจากเป้าหมายเพียงใด

8. ประเมินความรู้ (Assess Performance) เป็นการประเมินการเรียนรู้ก่อนเรียน ระหว่างเรียน ช่วงท้ายบทเรียน ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อวัดค่าผู้เรียน

9. การส่งเสริมการเรียนรู้และการถ่ายโอนการเรียนรู้ (Promote Retention and Transfer) เป็นขั้นตอนของการสรุปเฉพาะประเด็นสำคัญ รวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทบทวนหรือซักถามปัญหาก่อนจบบทเรียน

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ พนักงานระดับปฏิบัติการของกองการผลิตโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาตามแผน กองบำรุงรักษาอุปกรณ์สนับสนุนโรงไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าบางปะกงประมาณ 360 คน

1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ พนักงานระดับปฏิบัติการของกองการผลิตโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาตามแผนกองบำรุงรักษาอุปกรณ์สนับสนุนโรงไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าบางปะกงจำนวน 30 คน คัดเลือกเฉพาะคุณวุฒิจาก ปวช / ปวส ที่ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

1.5.3 เนื้อหาวิชา

เนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. หม้อกำเนิดไอน้ำ (Boiler)
2. เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine)
3. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.4 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ คือ คุณภาพและประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

1.6 นิยามศัพท์ที่ใช้ในงานวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม หมายถึง โปรแกรมในการฝึกอบรมโดยผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง ในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ที่มีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในการฝึกอบรม และทบทวน

2. โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง หมายถึง โรงไฟฟ้าที่ใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงมาต้มน้ำทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำไปขับเครื่องกังหันให้หมุน และได้พลังงานกลออกมาหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นพลังงานไฟฟ้า (โรงไฟฟ้าพลังความร้อนกังหันไอน้ำ)

3. แบบประเมิน หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพ ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง จากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งทางด้านสื่อและด้านเนื้อหา

4. พนักงานระดับปฏิบัติการ หมายถึง ผู้ฝึกอบรมที่เป็นพนักงานระดับปฏิบัติการ กองการผลิตโรงไฟฟ้าพลังความร้อนโรงไฟฟ้าบางปะกง กองบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาตามแผน กองบำรุงรักษาอุปกรณ์สนับสนุนโรงไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าบางปะกง

5. ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา หมายถึง ผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการผลิตกระแสไฟฟ้า จากโรงไฟฟ้าพลังความร้อนไอน้ำ

6. ผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อ หมายถึง ผู้ที่มีความรู้และมีความเชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์

7. ประสิทธิภาพ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างประสิทธิภาพของกระบวนอบรม (E1) กับประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2) ที่คิดจากผลการเรียนรู้ของผู้เข้ารับการอบรม ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ซึ่งไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ (E1/E2) : 80/80

8. ผลสัมฤทธิ์ทางการอบรม หมายถึง คะแนนที่ผู้เข้าอบรมได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการอบรมหลังจากผู้เข้ารับการอบรมได้อบรมเนื้อหา เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

9. แบบทดสอบท้ายบทเรียน หมายถึง แบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือก ตอบ 4 ตัวเลือกใช้หลังการอบรมแต่ละหน่วยการเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. แบบทดสอบหลังอบรม หมายถึง แบบทดสอบแบบปรนัยชนิด เลือกตอบ 4 ตัวเลือก ที่ใช้หลังการอบรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกงทั้ง 3 หน่วยการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการวิจัยศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัย และบทความที่เกี่ยวข้องจากเอกสารตำราวารสาร คู่มือและรายงานการวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศมีเนื้อหาประกอบด้วย ส่วนที่เกี่ยวข้องต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 โรงไฟฟ้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้าสำคัญในประเทศไทย

2.2 โรงไฟฟ้าพลังความร้อน

2.3 โรงไฟฟ้าบางปะกง

2.4 ความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม

2.5 การออกแบบพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรงไฟฟ้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้าสำคัญในประเทศไทย

บุคคลสำคัญที่นำไฟฟ้ามาสู่ประเทศไทย คือ จอมพลเจ้าพระยาสุรศักดิ์มนตรี (เจิม แสง-ชูโต) ซึ่งขณะนั้นยังมีบรรดาศักดิ์เป็น เจ้าหมื่นไวยวรนาถ โดยนำเงินที่ได้มาจากการขายที่ดินให้กับสมเด็จพระบรมราชเทวี จำนวน 180 ชั่ง หรือ 14,400 บาท ไปซื้อเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 เครื่องจากประเทศอังกฤษ เมื่อวันที่ 20 กันยายน พ.ศ. 2427 ซึ่งเป็นวันเฉลิมพระชนมพรรษา พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว จึงได้มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่พระที่นั่งจักรีมหาปราสาท ในพระบรมมหาราชวัง ซึ่งนับเป็นการเริ่มต้นการเริ่มต้นการมีไฟฟ้าของไทยมาตั้งแต่บัดนั้น คือ โรงไฟฟ้าวัดเลียบ

บริษัท ไฟฟ้าสยาม จำกัด (The Siam Electricity Co. Ltd) ตั้งขึ้น เมื่อวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2441 โดยจดทะเบียนที่ กรุงโคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ก มีนายอ๊อกเวสเตนโฮลซ์ (Mr. Aage Westenhoiz) เป็นผู้ดำเนินการนับเป็นชาวต่างประเทศ รุ่นบุกเบิกเกี่ยวกับไฟฟ้าในเมืองหลวงของประเทศสยาม ซึ่งสยามที่ทำการของบริษัท และโรงไฟฟ้าตั้งอยู่ในบริเวณที่ดินของวัดราชบูรณะราชวรวิหาร (วัดเลียบ) จึงได้รับการเรียกขานกันว่าโรงไฟฟ้าวัดเรียบ เป็นโรงไฟฟ้าชนิดพลังไอน้ำ (พลังความร้อน) ใช้ไม้ฟืน ถ่านหิน น้ำมัน และแกลบ เป็นเชื้อเพลิงโรงไฟฟ้าสามเสน ปี พ.ศ. 2455 พระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 6 ได้โปรดเกล้าฯให้เจ้าพระยายมราช (ปิ่น สุขุม) เสนาบดีกระทรวงนครบาล ดำเนินการสร้างการประปาและโรงไฟฟ้าที่สามเสนไปพร้อมๆ กัน โดยโรงไฟฟ้าสามเสนได้ก่อสร้างแล้วเสร็จและเดินเครื่องจำหน่ายไฟฟ้าได้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2457

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ชื่อว่า การไฟฟ้าหลวงสามเสน เป็นรัฐพาณิชย์ขึ้นกับกระทรวงมหาดไทย ต่อมาภายหลังได้เปลี่ยนชื่อเป็นกองไฟฟ้าหลวงสามเสน โดยการแบ่งพื้นที่รับผิดชอบ ตั้งแต่ พ.ศ. 2457 เป็นต้นมา กิจการไฟฟ้าเริ่มเป็นปึกแผ่น ประชาชนในพระนครและธนบุรี มีกระแสไฟฟ้าใช้อย่างกว้างขวาง โดยบริษัทไฟฟ้าสยามจำกัด (โรงไฟฟ้าวัดเลียบ) รับผิดชอบจำหน่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่พื้นที่บริเวณตอนใต้คลองบางลำภู และคลองบางกอกน้อย ส่วนบริเวณตอนเหนือของคลองดังกล่าวให้ กองไฟฟ้าหลวงสามเสน (โรงไฟฟ้าสามเสน) รับผิดชอบ

ภายหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ยุติลง บ้านเมืองได้รับการบูรณะฟื้นฟู และมีการขยายตัวเจริญขึ้นทุกด้าน ทำให้ต้องเผชิญกับปัญหาปัญหาไฟฟ้าไม่เพียงพอ รวมทั้งในระยะเวลาต่อมาได้มีการจัดตั้งหน่วยงานขึ้นมารับผิดชอบด้านไฟฟ้าตามลำดับดังนี้

ปี พ.ศ. 2494 จัดตั้ง คณะกรรมการพิจารณาสร้างโรงไฟฟ้าทั่วราชอาณาจักรซึ่งต่อมาในปี พ.ศ. 2495 ได้เปลี่ยนชื่อเป็น คณะกรรมการไฟฟ้าและพลังงานแห่งประเทศไทย และในปี พ.ศ. 2496 ได้เปลี่ยนเป็น สำนักงานพลังงานแห่งชาติ ปัจจุบันมีฐานะเป็นสำนักงานนโยบาย และแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

เมื่อปี พ.ศ. 2497 จัดตั้ง องค์การพลังงานไฟฟ้าลิกไนท์ ซึ่งต่อมาปลายปี พ.ศ. 2503 ได้ยกฐานะเป็น การลิกไนท์ (กลน.) รับผิดชอบผลิตและจำหน่ายกระแสไฟฟ้าในภาคใต้

เมื่อปี พ.ศ. 2500 ได้มีการจัดตั้งการไฟฟ้ายันฮี (กฟย.) รับผิดชอบการผลิตไฟฟ้าให้ภาคเหนือโดย กฟผ. ได้ก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก และก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังความร้อน (พลังไอน้ำ) ขนาดใหญ่มีกำลังผลิต 75 เมกะวัตต์ ที่อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี ปัจจุบันเรียกว่า โรงไฟฟ้าพระนครเหนือ ซึ่งนับว่าเป็นโรงไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในขณะนั้น เริ่มเดินเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าได้เมื่อ เดือน มีนาคม พ.ศ. 2504 โดยส่งกระแสไฟฟ้าไปตามสายส่งไฟฟ้าแรงสูงเชื่อมโยงกับโรงไฟฟ้าสามเสน

เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2502 การลิกไนท์ (กลน.) ได้ก่อสร้างโรงจักรแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ขนาด 6.25 เมกะวัตต์ จำนวน 2 เครื่องเสร็จ โดยโรงไฟฟ้าแห่งนี้ใช้ถ่านลิกไนต์จาก เหมืองแม่เมาะเป็นเชื้อเพลิง และเชื่อมโยงกับตัวจังหวัด ด้วยสายส่งไฟฟ้าแรงสูงขนาดแรงดันไฟฟ้า 69 กิโลโวลต์ ซึ่งนับว่าเป็นสายส่งไฟฟ้าแรงสูงสายแรกของไทย ทำให้จังหวัดลำปางมีไฟฟ้าใช้อย่างมั่นคง ต่อมาได้เชื่อมสายส่งไฟฟ้าไปใช้งานก่อสร้างเขื่อนภูมิพล ที่จังหวัดตาก และยังได้ก่อสร้างสายส่งไฟฟ้าเชื่อมต่อจากจังหวัดลำปางไปยังจังหวัดลำพูน และจังหวัดเชียงใหม่อีกด้วย

ประเทศไทยเริ่มใช้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 1 มรตั้งแต่ปีพ.ศ. 2504 ซึ่งเป็นเวลาที่โรงไฟฟ้าพระนครเหนือก่อสร้างแล้วเสร็จและเดินเครื่องจ่ายไฟฟ้า ทำให้ภาวะขาดแคลนไฟฟ้าในเขตพระนครและธนบุรียุติลง ต่อมาได้มีพิธีเปิดโรงไฟฟ้าในวันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2504 โดย จอมพลสฤษดิ์ ธนะรัชต์ นายกรัฐมนตรี ในสมัยนั้นเป็นประธานพิธีร่วมกับรองประธานาธิบดี ลินดอน บี. จอห์นสัน ของสหรัฐอเมริกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสถานการณ์ความต้องการการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว การไฟฟ้ายันฮี (กฟย.) จึงได้ดำเนินการก่อสร้างหน่วยผลิตไฟฟ้า เครื่องที่ 2 ที่โรงไฟฟ้าพระนครเหนือ ในต้นปี พ.ศ. 2505 ซึ่งสามารถดำเนินการแล้วเสร็จและจ่ายไฟฟ้าได้กลางปี พ.ศ. 2506

ตั้ง กฟ.อน. ในปี พ.ศ. 2506 รัฐบาลได้จัดตั้ง การไฟฟ้าตะวันออกเฉียงเหนือ (กฟ.อน.) ขึ้น เพื่อผลิตไฟฟ้าใช้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย โดยในระยะแรกได้ดำเนินการก่อสร้างเขื่อนอุบลรัตน์ ที่จังหวัดขอนแก่น และเขื่อนน้ำพุงที่สกลนคร

โรงไฟฟ้าภาคใต้ การลิกไนท์ (กลน.) ได้เปิดเหมืองลิกไนท์ที่จังหวัดกระบี่ และก่อสร้างโรงไฟฟ้ากระบี่ โดยนำถ่านลิกไนท์มาใช้เป็นเชื้อเพลิง สามารถเดินเครื่องจ่ายไฟฟ้าได้ในปี พ.ศ. 2507 และได้เชื่อมโยงสายส่งไฟฟ้าแรงสูงจากโรงไฟฟ้ากระบี่ไปยังจังหวัดต่างๆ ผลิตไฟฟ้าส่งให้ได้ถึง 7 จังหวัด ทั้งนี้โรงไฟฟ้ากระบี่ได้ยุติการใช้งานไปเมื่อวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2538

ไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนภูมิพลการไฟฟ้ายันฮี (กฟย.) ได้ก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ที่อำเภอสามเงา จังหวัดตาก ใช้เวลาก่อสร้างประมาร 7 ปี มีสายส่งเชื่อมโยงกับจังหวัดต่างๆ และได้เดินเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ภาคเหนือ คือ จังหวัดลำปางและเชียงใหม่

ต่อมาได้รับพระมหากรุณาธิคุณพระราชทานนามว่า เขื่อนภูมิพล ซึ่ง พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่ และสมเด็กพระนางเจ้าฯ พระบรมราชินีนาถ ยังได้ทรงเสด็จพระราชดำเนินในพิธีเปิดเขื่อนและโรงไฟฟ้าเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2507

เมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2512 รัฐบาลได้รวมรัฐวิสาหกิจที่รับผิดชอบในการจัดหาไฟฟ้า ซึ่งได้แก่ การลิกไนท์ (กลน.) การไฟฟ้ายันฮี (กฟย.) และการไฟฟ้าตะวันออกเฉียงเหนือ (กฟ.อน.) รวมเป็นหน่วยงานเดียวกันคือ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย มีชื่อย่อว่า กฟผ. มีนายเกษม จาติกวณิช เป็นผู้ว่าการคนแรก โดยให้มีอำนาจหน้าที่ในการผลิตและส่งไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อจัดจำหน่ายให้แก่ประชาชนต่อไป

ในปีที่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) จัดตั้งขึ้น ความต้องการไฟฟ้าของประเทศเพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 29 ต่อปี กฟผ. จึงได้เร่งพัฒนาแหล่งผลิตไฟฟ้า คือ

ปี พ.ศ. 2512 กฟผ. ได้ก่อสร้างหน่วยผลิตไฟฟ้าพลังความร้อนขนาดใหญ่ถึง 200 เมกะวัตต์ ที่โรงไฟฟ้าพระนครใต้จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งต่อมาได้สร้างหน่วยผลิตไฟฟ้าเพิ่มอีกเป็น 5 เครื่อง

ปีพ.ศ. 2514 ได้สร้างเขื่อนสิรินธร ที่จังหวัดอุบลราชธานี แล้วเสร็จ และปี พ.ศ. 2515 ได้ก่อสร้างเขื่อนจุฬาภรณ์ ที่จังหวัดชัยภูมแล้วเสร็จ

ปี พ.ศ. 2517 ได้ก่อสร้างเขื่อนสิริกิติ์ ที่จังหวัดอุตรดิตถ์ แล้วเสร็จ และดำเนินการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนแก่งกระจาน ของกรมชลประทาน ที่ จังหวัดเพชรบุรี

การพัฒนาแหล่งผลิตของประเทศดำเนินไปตามลำดับ เช่น ขยายหน่วยผลิตไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี ก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนบางลาง จังหวัดยะลาและเมื่อมีการพัฒนาก๊าซธรรมชาติที่อ่าวไทย ก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้นำก๊าซธรรมชาติมาผลิตไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา และดัดแปลงเครื่องผลิตไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าพระนครใต้ให้ใช้ก๊าซธรรมชาติผลิตไฟฟ้าได้ด้วย

2.2 โรงไฟฟ้าพลังความร้อน

โรงไฟฟ้าที่ใช้พลังความร้อนจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เช่น ถ่านหิน น้ำมันเตา ก๊าซธรรมชาติ และนิวเคลียร์มาต้มน้ำให้เป็นไอความดันสูงไปขับดันกังหันให้หมุนเป็น พลังงานกล และต่อเพลาเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าซึ่งมีแรงดันและความถี่ตามที่กำหนดไว้ หรือใช้ความร้อนจากการสันดาปภายในของ น้ำมันดีเซลของเครื่องยนต์ดีเซลไปฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้กำเนิดไฟฟ้าได้เช่นกัน โรงไฟฟ้าพลังความร้อนอาจแยกออกได้เป็นแบบต่างๆ ได้ดังนี้

1. โรงไฟฟ้าพลังความร้อนกังหันไอน้ำ คือโรงไฟฟ้าที่ใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำไปขับเครื่องกังหันให้หมุน และให้พลังงานกลออกมาหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นพลังงานไฟฟ้า

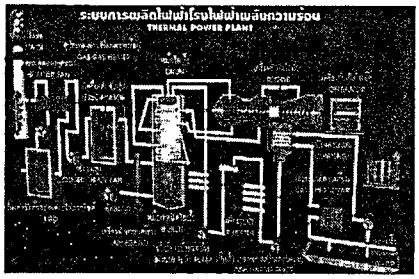
2. โรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส คือโรงไฟฟ้าที่ใช้เครื่องกังหันแก๊สเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายในโดยอัดอากาศให้มีความดันสูง 8 – 10 เท่า ส่งเข้าห้องเผาไหม้ที่มีก๊าซเป็นเชื้อเพลิง ทำให้เกิดการขยายตัวมีความดัน และอุณหภูมิสูงไปดันกังหันให้หมุนโดยกังหันจะอยู่บนแกนเดี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผลิตไฟฟ้าออกมา

3. โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม คือโรงไฟฟ้าที่ประกอบด้วยโรงไฟฟ้า 2 ระบบร่วมกัน คือ โรงไฟฟ้ากังหันแก๊สและโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ โดยนำความร้อนจากไอเสียที่ออกจากเครื่องกังหันแก๊สซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 550 องศา มาใช้แทนเชื้อเพลิงในการต้มน้ำ มาต้มน้ำให้เป็นไอไปดันกังหันไอน้ำให้หมุนและต่ออยู่กับแกนเดียวกันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผลิตไฟฟ้าออกมา

4. โรงไฟฟ้าดีเซล คือ โรงไฟฟ้าพลังความร้อนอีกประเภทหนึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสันดาปภายในร่วมกับการอัดของอากาศเกิดความร้อน และจุดระเบิดต่อเนื่องกัน ทำให้เครื่องยนต์หมุนไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าออกมา

5. โรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์ ใช้ความร้อนจากปฏิกิริยานิวเคลียร์เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนแก่น้ำเกิดเป็นไอน้ำความดันสูง ไปขับกังหันไอน้ำให้หมุน และไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 โรงไฟฟ้าพลังความร้อน

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนเป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้เครื่องกังหันไอน้ำเป็นเครื่องต้นกำลัง หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไอน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิสูงนี้ได้จากการเปลี่ยนสถานะของในหม้อน้ำ เมื่อได้รับพลังความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเตาเผา (Furnace) ไอน้ำถูกส่งไปขับดันกังหันไอน้ำซึ่งมีเพลาต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หลังจากนั้นก็จะผ่านไปกลั่นตัวเป็นน้ำที่เครื่องควบแน่น (Condenser) และถูกส่งกลับมารับความร้อนใหม่ในหม้อน้ำ เนื่องจากไม่สามารถเปลี่ยนสถานะของน้ำให้เป็นไอได้อย่างรวดเร็วเมื่อเริ่มเดินเครื่องแต่ละครั้ง จนใช้งานได้จะใช้เวลาอย่างน้อยประมาณ 2 – 3 ช.ม. ดังนี้จึงเหมาะที่จะใช้เป็นโรงไฟฟ้าหลัก (Base Load Plant) ซึ่งทำหน้าที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าตลอดเวลาเป็นระยะเวลานาน ก่อนการหยุดเครื่องแต่ละครั้ง โดยทั่วไปโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำมีขนาดประมาณ 1 – 1,300 เมกะวัตต์สามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิดเช่น ถ่านหิน น้ำมันเตา ก๊าซธรรมชาติ ขยะ ฯลฯ และมีประสิทธิภาพ ประมาณ 30 – 35 % และมีอายุการใช้งานประมาณ 25ปี

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนกังหันไอน้ำคือ โรงไฟฟ้าที่ใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำไปขับเครื่องกังหันให้หมุน และให้พลังงานกลออกมาหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.2.1 ส่วนประกอบของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนกังหันไอน้ำ

อุปกรณ์หลักในโรงไฟฟ้า ได้แก่

1. หม้อกำเนิดไอน้ำ (Boiler)
2. เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine)
3. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

2.2.2 หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนกังหันไอน้ำ

หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้คือ

1. เผาไหม้เชื้อเพลิง
2. นำความร้อนไปต้มน้ำให้กลายเป็นไอมีอุณหภูมิและความดันสูง
3. เปลี่ยนพลังงานกลจากเครื่องกังหันไอน้ำ ไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยมีอุปกรณ์ที่ประกอบการทำงานดังนี้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 หม้อกำเนิดไอน้ำ (Boiler)

หม้อกำเนิดไอน้ำ คือ ตัวเตา ซึ่งเป็นท่อเหล็กทนต่อความดันและอุณหภูมิสูง ประกอบกันเป็นผนังทั้ง 4 ด้านของตัวเตา ภายในท่อเหล่านี้จะมีน้ำไหลวนอยู่บริเวณส่วนบนของเตา มีแผงท่อน้ำแขวนลอยอยู่ แผงท่อนำนี้เป็นท่อที่รับไอน้ำที่ออกจากเครื่องแยกไอน้ำ มารับความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอีกครั้งเพื่อให้ไอน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น และส่งไอน้ำที่มีอุณหภูมิออกจากหม้อน้ำไปยังท่อไอน้ำเพื่อหมุนกังหันไอน้ำต่อไป

3.2 เครื่องแยกไอน้ำ (Boiler Drum)

เครื่องแยกไอน้ำ เป็น อุปกรณ์ที่แยกไอน้ำออกจากน้ำ ลักษณะเป็นเครื่องแยกไอน้ำรูปแคปซูลที่สามารถทนความดันและอุณหภูมิสูง ภายในเครื่องแยกไอน้ำนี้จะมีอุณหภูมิต่างๆ ที่ทำหน้าที่แยกไอน้ำออกจากน้ำโดยอาศัยหลักการแรงหนีศูนย์กลางและการเปลี่ยนทิศการไหล

3.3 แผงท่อรับความร้อน (Economizer)

แผงท่อรับความร้อน คือ แผงท่อน้ำซึ่งทำให้น้ำที่เข้าไปในหม้อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นชั้นหนึ่งก่อน แผงท่อรับความร้อนนี้จะติดตั้งอยู่ช่องสุดท้ายก่อนที่ก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะออกจากตัวหม้อน้ำเพื่อรับความร้อนจากก๊าซร้อนและถ่ายเทให้กับน้ำที่เข้าหม้อน้ำเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพกับตัวหม้อน้ำ

3.4 เครื่องอุ่นอากาศ (Air Heater)

เครื่องอุ่นอากาศเป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศก่อนที่อากาศจะเข้าไปช่วยในการเผาไหม้เชื้อเพลิง เครื่องอุ่นอากาศนี้ทำงานโดยการรับความร้อนของก๊าซร้อนที่ออกจากหม้อน้ำและถ่ายความร้อนดังกล่าวให้ กับอากาศซึ่งจะทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อน้ำอีกด้วย

การทำงานของระบบหม้อน้ำในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนขั้นแรก น้ำบริสุทธิ์ที่ปราศจากแร่ธาตุ (Deminerize Water) จะถูกสูบเข้าไปสู่หม้อน้ำโดยรักษาระดับน้ำในหม้อน้ำให้เหมาะสม จากนั้นจะจุดเชื้อเพลิงภายในเตา ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะส่งผ่านไปยังน้ำที่อยู่ในท่อผนังเตา น้ำในท่อผนังเตาจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น และเกิดการไหลเวียนพร้อมกับการถ่ายเทความร้อนของน้ำ น้ำจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกลายเป็นไอน้ำทำให้มีความร้อนสูงขึ้นด้วย น้ำที่มีอุณหภูมิสูงจนกลายเป็นไอน้ำจะ ไหลเข้าสู่แผงท่อไอน้ำเมื่อรับความร้อนจากก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอีกครั้งหนึ่งจนไอน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นพอเหมาะ จากนั้นไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูงนี้จะไหลออกจากหม้อน้ำผ่านไปยังท่อน้ำ เพื่อไปหมุนกังหันไอน้ำต่อไป ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในเตา จะส่งผ่านไปยังน้ำในท่อผนังเตาด้วยการแผ่รังสีการนำ และการพาส่วนก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะไหลผ่านแผงท่อน้ำไอน้ำและแผงท่อรับความร้อนซึ่งในช่วงนี้ก็จะถ่ายเทความร้อนให้กับไอน้ำ และน้ำในแผงท่อรับความร้อนทำให้อุณหภูมิของก๊าซร้อนที่ออกจากตัวหม้อน้ำต่ำลงในขั้นสุดท้ายก่อนที่ก๊าซดังกล่าวจะไหลออกสู่ปล่องวันนั้น ก๊าซจะผ่านไปยังเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุ่นอากาศ เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศที่จะมาใช้ในการเผาไหม้ ทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น แต่ก๊าซร้อนที่ออกจากเครื่องอุ่นอากาศจะมีอุณหภูมิต่ำลงทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้ และประสิทธิภาพของหม้อน้ำ

3.5 เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

เครื่องกังหันไอน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานความร้อนของไอน้ำให้เป็นพลังงานกล เครื่องกังหันไอน้ำประกอบด้วย 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. ระบบควบคุม (Control System)
2. เพลาหมุนและใบพัด (Rotor & Moving Blade)
3. ตัวถังและใบพัด (Casing & Stationary Blade)
4. เครื่องควบแน่น (Condenser)

หลักการทำงานของเครื่องกังหันไอน้ำไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูงจากท่อนำไอน้ำจะไหลเข้าสู่เครื่องกังหันไอน้ำผ่านทางวาล์วของระบบควบคุม เพื่อควบคุมการไหลของไอน้ำที่จะไปหมุนกังหันไอน้ำให้เหมาะสมกับความเร็วรอบหรือภาวะที่ต้องการ จากนั้นไอน้ำก็จะไหลเข้าสู่ตัวกังหันไอน้ำ ซึ่งประกอบด้วยตัวถัง โดยมีเพลาหมุนและใบพัดติดตั้งอยู่ภายในตัวถัง เพลานี้จะถูกรองรับด้วยแบริ่ง (Bearing) เมื่อไอน้ำไหลเข้ามาในตัวกังหันไอน้ำ ความดันของไอน้ำจะลดลงและเกิดการขยายตัวของไอน้ำขึ้น การขยายตัวนี้จะทำให้ปริมาตรของไอน้ำเพิ่มขึ้น มีผลให้ความเร็วการไหลของไอน้ำในตัวกังหันสูงขึ้นไอน้ำที่ความเร็วสูงนี้จะไปปะทะกับใบพัด (Moving Blade) ที่ติดอยู่กับเพลา ทำให้เกิดแรงผลักดันให้เพลาของกังหันหมุน แต่เนื่องจากใบพัดในตัวกังหันไอน้ำได้ถูกออกแบบไว้เป็นชุดๆ จำนวนหลายชุดติดตั้งอยู่บนเพลาหมุนเดียวกัน ดังนั้นไอน้ำที่ไหลผ่านจากใบพัดชุดแรก จะไหลผ่านใบพัดที่ติดตั้งอยู่กับตัวถัง (Stationary Blade) และไปปะทะกับใบพัดชุดหลังๆ ไปเรื่อยๆ ทำให้เราได้พลังงานในรูปพลังงานกลจากลักษณะการหมุนของเพลากังหันนั่นเอง เมื่อไอน้ำผ่านชุดของใบพัดจนครบ ความดันและอุณหภูมิของไอน้ำจะลดลงไอน้ำก็จะไหลออกจากกังหันเข้าสู่เครื่องควบแน่นซึ่งมีลักษณะเป็นห้องสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่ สร้างด้วยเหล็กที่มีความแข็งแรงพอที่จะรับการกระแทกของไอน้ำได้ภายในท่อจะมีท่อโลหะ เช่น ทองเหลืองสอดขวางอยู่เป็นจำนวนมากภายในท่อนี้จะมีน้ำที่ใช้ระบายความร้อนไหลอยู่ ดังนั้น เมื่อไอน้ำไหลเข้าสู่เครื่องควบแน่น ไอน้ำจะถ่ายเทความร้อนผ่านท่อทองเหลืองให้น้ำในท่อและตัวไอน้ำเองก็จะควบแน่นและเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำบริสุทธิ์อีกครั้งหนึ่ง ในขณะไอน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำนั้น ปริมาตรของไอน้ำจะลดลงอย่างมากทำให้ความดันในเครื่องควบแน่นต่ำกว่าบรรยากาศ ซึ่งเป็นผลในด้านการไหลของไอน้ำและประสิทธิภาพของเครื่องกังหันไอน้ำจะสูงขึ้นด้วย ส่วนน้ำบริสุทธิ์ (Deminerize Water) ที่ได้รับจากการควบแน่นของไอน้ำจะถูกสูบวนกลับเข้าหม้อน้ำอีก การทำงานของระบบกังหันที่กล่าวมานี้เป็นเพียงคร่าวๆ เท่านั้น ในการทำงานจริงจะมีระบบอื่นๆ อีก เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องอุ่นน้ำ ปั้มน้ำมันความดันสูง เครื่องดูดอากาศ เป็นต้น ทั้งน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกในการเดินระบบเครื่องกังหันไอน้ำ

3.6 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะติดตั้งอยู่ในแนวและระดับเดียวกับเครื่องกังหันไอน้ำ โดยเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อโดยตรงเข้ากับเพลาของเครื่องกังหันไอน้ำ ดังนั้น เมื่อเครื่องกังหันไอน้ำหมุนก็จะทำให้เพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนไปด้วย ที่เพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีตัวนำพันอยู่กับแกนเหล็กไฟฟ้ากระแสตรงจะถูกจ่ายให้กับตัวนำนี้ ดังนั้นจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่เพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนสนามแม่เหล็กก็หมุนไปด้วย สนามแม่เหล็กนี้จะหมุนไปตัดกับตัวนำอีกชุดหนึ่งซึ่งพันอยู่กับแกนเหล็กติดอยู่รอบๆ ตัวถังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อตัวนำนี้ถูกสนามแม่เหล็กจากเพลาหมุนตัด จะเกิดการเหนี่ยวนำ และเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในตัวนำที่ติดอยู่กับตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะส่งเข้าไปยังหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันสูงเพื่อจ่ายให้กับสายส่งแรงสูงต่อไปนอกจากที่กล่าวมานี้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังประกอบด้วยอุปกรณ์อื่นๆ อีกมาก เช่น ระบบระบายความร้อน ระบบควบคุม ฯลฯ

3.7 หม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์แรงดันไฟฟ้าที่ส่งมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นแรงดันสูงขนาดต่าง ๆ เช่น 69, 115, 230 KV หรือแรงดันสูงพิเศษ 500 KV การส่งพลังงานไฟฟ้าด้วยแรงดันสูงๆ จะช่วยลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าและลดขนาดสายส่งที่ใช้ให้มีขนาดเล็กลง

3.8 เครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Flue Gas Desulfurization : FGD)

เครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นเครื่องกำจัดก๊าซหลังจากก๊าซร้อนผ่านเครื่องดักจับ (Precipitation) แล้วจะถูกเป่าผ่านอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อน เพื่อลดอุณหภูมิก่อนที่จะฮีทเข้าไปในอุปกรณ์จับก๊าซ (Absorber) ซึ่งเป็นที่ให้น้ำหินปูน (Limestone Slurry) ทำปฏิกิริยาเคมีกับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์กลายเป็นผลึกยิปซัม ก๊าซที่ถูกขจัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แล้วจะมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 60 องศา จะถูกดูดออกโดยพัดลมดูดอากาศ (Booster Fan) และถูกปล่อยออกจากปล่อง (Stack) ของโรงไฟฟ้า

4 หม้อน้ำ

หม้อน้ำ หมายถึง ภาชนะที่บรรจุน้ำภายใต้ความดันสูง และน้ำนี้จะถูกทำให้กลายเป็นไอน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิง ไอน้ำที่ผลิตออกมาได้นี้จะนำไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ กัน เช่น ใช้ในทางอุตสาหกรรม และการผลิตกระแสไฟฟ้า

เหตุที่ทำให้น้ำที่บรรจุอยู่ในหม้อน้ำมีความดันสูง เพราะว่าจะให้จุดเดือดของไอน้ำสูงขึ้นเพื่อจะให้ได้พลังงานจากไอน้ำมากขึ้น ขณะเดียวกัน น้ำซึ่งมีสภาพเป็นของเหลวจะมีปริมาตรน้อยกว่าน้ำที่มีสภาพเป็นไอจึงจะต้องการเนื้อที่ของหม้อน้ำน้อยกว่า

หม้อน้ำแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 หม้อน้ำแบบหลอดไฟ (Fire Tube Boilers)

หม้อน้ำแบบหลอดไฟ จะมีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับหม้อน้ำแบบหลอดน้ำ ไม่ใช่สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า หม้อน้ำแบบนี้จะใช้ตัวหลอดหรือท่อเป็นตัวนำความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงผ่านหลอดไฟไปให้ความร้อนกับน้ำที่อยู่รอบๆ หลอด หลอดไฟเหล่านี้จะมีเปลือกหุ้มอยู่อีกชั้นหนึ่งทำหน้าที่รักษาความดันภายในหม้อน้ำไว้ได้ด้วย หม้อน้ำแบบหลอดไฟจะใช้ในงานฆ่าเชื้อโรคตามโรงพยาบาล ใช้อบผ้า ใช้ในอุตสาหกรรมย้อมผ้า อบวัสดุต่างๆ เช่น ไม้ หวาย ฯลฯ หรือใช้กับหัวรถจักรไอน้ำในรถไฟรุ่นเก่าๆ

4.2 หม้อน้ำแบบหลอดน้ำ (Water Tube Boilers)

หม้อน้ำแบบหลอดน้ำ คือ หม้อน้ำชนิดที่ให้น้ำที่ต้องการต้มอยู่ภายในหลอดหรือท่อที่เป็นเหล็กกล้าเป็นสื่อความร้อนได้ดี เรียกว่า หลอดน้ำ มีความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ อยู่ภายนอกรอบๆ หลอดน้ำ ที่ถูกเผาไหม้จะกลายเป็นไอที่ไม่มีน้ำปนอยู่เลย และจะมีความดันสูงตั้งแต่ 150 – 5,000 ปอนด์/ตารางริ้ว เราเรียกว่า ไอดง (Super Heater) เพื่อไปขับดันกังหันไอน้ำใช้กับงานผลิตกระแสไฟฟ้า

การแบ่งชนิดของหม้อน้ำแบบหลอดน้ำ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. หม้อน้ำแบบหลอดน้ำชนิดท่อตรง

หม้อน้ำแบบหลอดชนิดท่อตรง ประกอบด้วยท่อน้ำ ที่มีลักษณะตรงวางขนานกันอยู่เป็นชุดโดยวางเฉียงเป็นมุมกับแนวระดับ 5 ~ 15 องศา เพื่อทำให้การไหลวนของหม้อน้ำภายในหลอดน้ำเป็นไปด้วยดีปลายทั้งสองของท่อต่ออยู่กับส่วนหัว (Header) ซึ่งมีลักษณะที่หลอดน้ำสามารถต่ออยู่ได้ดังนั้นแต่ละปลายของหลอดน้ำจึงสามารถต่อถึงกันได้ด้วยส่วนหัวนี้

พื้นที่ผิวรับความร้อนและขนาดความจุของหม้อน้ำแบบหลอดน้ำชนิดท่อตรงนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของความยาวของหม้อน้ำ และจำนวนของหลอดน้ำภายในหม้อน้ำ ปกติหลอดน้ำของหม้อน้ำหนึ่งๆ จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวเท่ากันทั้งหมดซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1~4 นิ้ว ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางท่อประมาณ 7~8 นิ้ว ความยาวประมาณ 18~20 ฟุต

ทิศทางการไหลวนของน้ำภายในหม้อน้ำแบบหลอดน้ำชนิดท่อตรง คือ น้ำเลี้ยงจะถูกป้อนเข้าสู่หม้อน้ำที่ดรัมทางด้านที่หลอดน้ำมีระดับต่ำเนื่องจากว่าน้ำที่ป้อนเข้าสู่หม้อน้ำนี้มีอุณหภูมิต่ำกว่าน้ำที่อยู่ในดรัมแต่เดิม จึงมีน้ำหนักมากกว่าน้ำส่วนอื่น ดังนั้นน้ำที่เติมเข้าไปใหม่นี้จะเคลื่อนที่ลงไปตามทางสู่ส่วนท้ายของหม้อน้ำ ขณะเดียวกันน้ำที่อยู่ในหลอดน้ำแต่เดิมจะได้รับความร้อน จึงเคลื่อนที่ขึ้นตามหลอดน้ำซึ่งวางเอียงอยู่ผ่านส่วนหัวกลับเข้าไปยังดรัม ส่วนที่เป็นไอจะลอยขึ้นด้านบนของดรัมน้ำส่วนที่เหลือจะปะปนกับน้ำเลี้ยงที่เข้าสู่ดรัมใหม่กลับลงไปรับความร้อนอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศทางการไหลของก๊าซร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จะไหลวนไปตามทางที่บังคับไว้ในเตา การออกแบบให้ก๊าซร้อนนี้ผ่านหลอดน้ำถึง 3 ครั้งก่อนที่จะปล่อยสู่ด้านนอก การพิจารณาความแตกต่างหม้อน้ำแบบหลอดน้ำชนิดท่อตรงอาจจะพิจารณาความแตกต่างที่ส่วนหัว (Header) หรือพิจารณาในรูปของการวางดรัมที่ใช้ โดยแยกเป็น 5 ชนิด คือ

(1) หม้อน้ำแบบหลอดน้ำชนิดท่อตรงที่มีส่วนหัวเป็นรูปกล่อง (Box Header Boiler) หลักการทำงานก็เหมือนกับหม้อน้ำโดยทั่วๆ ไป แต่ส่วนหัวที่ทำเป็นแบบกล่องนี้ ทำให้น้ำภายในหม้อน้ำไหลวนดีขึ้นจึงเหมาะสำหรับโรงงานที่ต้องการอัตราไอน้ำสูง ปกติจะใช้งานที่ต้องการไอน้ำในช่วง 4,000 – 5,000 ปอนด์/ชั่วโมง บางครั้งอาจใช้ถึง 90,000 ปอนด์/ชั่วโมงความดันของไอน้ำที่ใช้อยู่ในช่วง 160 – 250 ปอนด์/ตารางนิ้ว แต่อาจจะใช้ผลิตไอน้ำต่ำถึง 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว หรืออาจผลิตให้มีความดันสูงถึง 600 ปอนด์/ตารางนิ้วได้ หัวเป็นกล่อง คือ แทนที่ส่วนหัวจะเป็นส่วนที่รองรับ และเชื่อมต่อหลอดน้ำทั้งหมดภายในหม้อน้ำ แต่กลับแยกส่วนหัวออกเป็นส่วนย่อย ๆ รองรับและเชื่อมต่อกับดรัมอีกชั้นหนึ่ง

(2) หม้อน้ำแบบหลอดน้ำชนิดท่อตรงที่มีดรัมวางแนวเดียวกันกับหลอดน้ำ (Long Drum Boiler) ลักษณะของหม้อน้ำแบบนี้ตัวดรัมจะวางไปในแนวเดียวกับหลอดน้ำ ส่วนลักษณะของส่วนหัวและส่วนท้ายที่รองรับหลอดน้ำจะเป็นรูปกล่องหรือแยกออกเป็นส่วนๆ ก็ได้

(3) หม้อน้ำแบบหลอดน้ำชนิดท่อตรงที่มีดรัมวางขวางกับหลอดน้ำ (Cross Drum Boiler) ลักษณะของหม้อน้ำแบบนี้ก็เป็นแบบเดียวกับชนิดดรัม วางแนวเดียวกันกับหลอดน้ำ แต่แบบนี้จะขวางหรือตั้งฉากกับหลอดน้ำ ส่วนหัวและส่วนท้ายจะเป็นรูปกล่องแยกออกเป็นส่วน ๆ ได้

(4) หม้อน้ำแบบหลอดน้ำชนิดท่อตรงขนาดเล็กหม้อน้ำแบบนี้จะมีท่อตรงขนาดเล็กใช้งานที่ต้องการไอน้ำความดันต่ำ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว

2. หม้อน้ำแบบหลอดน้ำชนิดท่อโค้ง

หม้อน้ำแบบนี้ส่วนมากเป็นหม้อน้ำขนาดใหญ่ผลิตไอน้ำที่ความดันสูงเป็นหม้อน้ำที่ไม่มีส่วนหัวเป็นท่อตรงแต่ปลายของหลอดน้ำจะฝังเข้าไปในดรัม (ถังน้ำหรือหม้อพักไอน้ำ) หม้อน้ำแบบหลอดน้ำโค้งอาจใช้ดรัมหลายๆ ดรัม

ส่วนประกอบหลักของหม้อน้ำแบบหลอดน้ำชนิดท่อโค้ง คือท่อน้ำและดรัมท่อน้ำบางส่วนจะเป็นผนังเตา ด้านหนึ่งจะเป็นฉนวน ทำหน้าที่กันความร้อนไม่ให้สูญเสียออกไป

หม้อน้ำแบบหลอดน้ำชนิดท่อโค้งที่นิยมในแนวดิ่ง

1. แบบ 2 ดรัม วางตรงกันในแนวดิ่ง
2. แบบ 2 ดรัม ท่อเอียง
3. แบบ 2 ดรัม รูปตัวโอ (O)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

4. แบบ 3 ดรัม หัวต่ำ (Low Head)

5. แบบ 3 ดรัม รูปตัวเอ (A)

6. แบบ 4 ดรัม

อัตราการผลิตของหม้อน้ำแบบหลอดน้ำ ชนิดท่อโค้งปกติออกแบบให้ผลิตได้ 10,000 ปอนด์/ชั่วโมงที่ความร้อน 160 – 820 ปอนด์/ตารางนิ้ว อุณหภูมิที่ 580 องศาฟาเรนไฮ

1. แบบ 2 ดรัมหม้อน้ำแบบนี้ประกอบด้วยดรัม 2 ดรัมวางให้ตรงกันในแนวดิ่งหลอดน้ำจะเป็นผนังเตาด้วย การไหลวนของน้ำคือน้ำเลี้ยงจะเข้าสู่หม้อน้ำที่ดรัมตัวบนและไหลวนลงทางหลอดน้ำด้านล่างลงสู่ดรัมตัวล่าง จากนั้นจะกลับวนสู่ดรัมตัวบนอีกครั้งทางผนังน้ำและหลอดน้ำอีกชุดหนึ่ง การนำไอน้ำออกจากหม้อน้ำจะดันออกทางดรัมตัวบน

สาเหตุที่การไหลวนของน้ำเป็นไปตามที่กล่าวข้างต้น เพราะหลอดน้ำส่วนที่เป็นผนังเตาจะเป็นส่วนที่อยู่ใกล้กับเปลวไฟจึงมีอุณหภูมิสูงกว่าส่วนหลอดน้ำที่อยู่ห่างจากเปลวไฟจะมีอุณหภูมิต่ำกว่า น้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะลอยตัวขึ้น น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำจะหนักและจมลง จึงเกิดการไหลวนของน้ำในรูปแบบดังกล่าว

หม้อน้ำแบบหลอดน้ำชนิดท่อโค้งที่มี 2 ดรัมนอกจากจะวางดรัมให้ตรงกันแล้วในบางแบบจะมีการวางดรัมให้เยื้องกัน และวางอีกแบบหนึ่งมีชื่อเรียกเฉพาะว่าเป็นแบบตัวโอ (O)

2. แบบ 3 ดรัมมีหัวดรัมต่ำ(Low Head)หม้อน้ำแบบหลอดน้ำชนิดท่อโค้งแบบนี้จะมีดรัม 3 ดรัม ดรัม 2 ดรัมจะวางตรงกันในแนวดิ่ง ส่วนดรัมอีกตัวหนึ่งจะวางในแนวเดียวกันกับดรัมตัวบนของสองตัวแรกหรือต่ำกว่าเล็กน้อย และอยู่ใกล้กับบริเวณเปลวไฟ

การไหลวนของน้ำจะเป็นไปดังรูปที่ 3.6 คือน้ำเลี้ยงจะป้อนเข้าสู่หม้อน้ำทางดรัมตัวบน และไหลวนลงสู่ดรัมตัวล่างที่อยู่ตรงกันแล้วจึงไหลวนกลับไปยังดรัมตัวที่ 3 และกลับไปยังตัวที่ 1 ใหม่

เมื่อเปรียบเทียบหม้อน้ำแบบ 30 ดรัมแบบนี้ และแบบ 2 ดรัมที่กล่าวมาแล้วลักษณะจะคล้ายคลึงกันมาก เพียงแต่แบบ 3 ดรัมจะมีดรัมตัวที่ 3 เพิ่มขึ้นในบริเวณของผนังน้ำเพื่อพักน้ำและไอเสียขั้นหนึ่งก่อน

3. แบบ 3 ดรัมวางรูปตัวเอ (A) ลักษณะของหม้อน้ำแบบนี้ก็คล้าย ๆ กับแบบ 2 ดรัมที่วางในแนวเอียง แต่จะขยายดรัมตัวบนให้มีขนาดใหญ่กว่าดรัมตัวล่างซึ่งมี 2 ตัว ลักษณะจะคล้ายรูปตัวเอ (A)

การไหลวนของน้ำภายในหม้อน้ำจะเกิดขึ้นตามธรรมชาติ คือ ส่วนใดที่มีอุณหภูมิสูงก็จะลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน ส่วนที่มีอุณหภูมิต่ำก็จะจมลง หม้อน้ำแบบนี้ การเผาไหม้จะอยู่ส่วนกลาง ดังนั้น หลอดน้ำที่อยู่บริเวณส่วนกลางจะร้อน และทิศทางการไหลของน้ำจะวนขึ้นและไหลกลับลงมาทางด้านที่อยู่ไกลจากบริเวณความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

105268

4. แบบ 4 ดรัม หม้อน้ำแบบหลอดน้ำชนิดท่อโค้งแบบ 4 ดรัมนี้ เป็นแบบที่สร้างขึ้นในสมัยแรก ๆ เพื่อบังคับการไหลวนของก๊าซร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของเชื้องเพลิงและการไหลวนของน้ำภายในหม้อน้ำยังเป็นไปได้ไม่ดีพอ จึงต้องมีดรัมหลาย ๆ ตัวสำหรับพักน้ำ และไอน้ำหม้อน้ำแบบนี้จึงมีลักษณะคล้ายกับแบบ 2 ดรัม หรือแบบ 3 ดรัมหลาย ๆ ตัวรวมกัน

5. ส่วนประกอบของเตาและหม้อน้ำแบบหลอดน้ำ

1. อุปกรณ์เผาถ่ายหินชนิดกระจาย
2. สโตกเกอร์ชนิดสายพานเลื่อน
3. ถังน้ำบน
4. ถังน้ำล่าง
5. ท่อไอดง
6. อุปกรณ์อุ่นน้ำเลี้ยง
7. ผนังน้ำ
8. หลอดน้ำ
9. พัดลมเป่า
10. อุปกรณ์อุ่นอากาศ
11. ท่ออากาศ
12. อุปกรณ์กำจัดละอองขี้เถ้า
13. พัดลมดูด
14. ปล่อง

เตาหม้อน้ำแบบหลอดน้ำดังแสดงในรูป ใช้ถ่านหินเป็นเชื้องเพลิง โดยใช้อุปกรณ์เผาถ่านหินชนิดกระจาย (1) ซึ่งสามารถดัดแปลง ใช้หัวพ่นน้ำมันหัวพ่นก๊าซ หรือหัวพ่นถ่านหินผงได ด้านล่างรองรับด้วยสโตกเกอร์ชนิดสายพานเลื่อน (2) หม้อน้ำเป็นแบบหลอดน้ำชนิดท่อโค้ง ประกอบด้วยถังน้ำ (ดรัม) 2 ถัง ถังหนึ่งอยู่ด้านบน (3) อีกถังหนึ่งอยู่ด้านล่าง (4) ตัวบนประกอบด้วยอุปกรณ์ทำความสะอาดไอน้ำ ซึ่งไอน้ำจะผ่านอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ก่อนผ่านเข้าสู่ท่อไอดง (5) ท่อไอดงประกอบเข้ากับถังน้ำบนโดยตรง จึงไม่จำเป็นต้องใช้ส่วนหัว (ท่อร่วม) เพื่อต่อท่อไอดงด้วยกัน ท่อไอดงของเตาหม้อน้ำนี้ประกอบเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นท่อไอดงของอุณหภูมิต่ำ อีกส่วนหนึ่งเป็นท่อไอดงอุณหภูมิสูง ขณะที่ไอน้ำผ่านจากท่อไอดงอุณหภูมิต่ำเข้าสู่ท่อไอดงที่มีอุณหภูมิสูง จะมีการฉีดน้ำที่กลับมาจากคอนเดนเซอร์เข้าไปด้วยตามจำนวนที่มากน้อย แล้วแต่ความจำเป็นต่อการควบคุมอุณหภูมิของไอน้ำที่ออกจากหม้อน้ำ

วงจรทางเดินของน้ำ คือน้ำเลี้ยงจากภายนอกและจากคอนเดนเซอร์ผ่านเข้าสู่อุปกรณ์อุ่นน้ำเลี้ยงเข้าสู่ถังน้ำบน (3) ซึ่งถังน้ำบนนี้ทำหน้าที่รับและแยกไอน้ำออกจากกัน จากถังน้ำบนผ่านลงไปยังถังน้ำล่าง (4) และน้ำส่วนหนึ่งจะผ่านไปยังหมู่หลอดของผนังน้ำ (7) ซึ่งฝังตามแนวดิ่งของผนังเตา อีกส่วนหนึ่งผ่านหลอดน้ำไปรับความร้อนภายในเตา (8) น้ำทั้งสองส่วนนี้จะไปรวมกันในถังน้ำบนอีกครั้งหนึ่งดังนั้นจะเป็นว่าถังน้ำบนนี้เป็นส่วนที่รับน้ำเลี้ยงจากอุปกรณ์อุ่นน้ำเลี้ยงและรับไอน้ำที่ปนกับน้ำจากหลอดน้ำที่ผ่านมาจากเตา ทั้งยังทำหน้าที่แยกไอน้ำเข้าสู่ท่อไอดงดังกล่าวมาข้างต้นด้วย ข้อสังเกตว่าท่อที่เข้าสู่ถังน้ำบน ท่อใดเป็นท่อที่น้ำออกจากถัง และท่อใดเป็นท่อไอน้ำที่มาจากเตา หรือท่อที่อยู่ต่ำกว่าระดับน้ำในถังเป็นท่อนำน้ำออกจากถังบนลงสู่ถังล่าง ท่อที่อยู่สูงกว่าระดับน้ำในถังเป็นท่อไอน้ำจากท่อไอดงจะเป็นอุณหภูมิและความดันสูง ไม่มีส่วนของน้ำเจือปนอยู่ สามารถไปขับดันกังหันไอน้ำให้หมุนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรของการนำอากาศเข้าสู่เตาคือ อากาศจากภายนอกผ่านเข้าสู่เตาทางพัดลมเป่า (9) ผ่านอุปกรณ์อุ่นอากาศ (10) มาตามท่ออากาศ (11) เข้าสู่เตาทางด้านล่างและเคลื่อนที่ขึ้นไปสู่ด้านบนเพื่อช่วยในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายในเตากลายเป็นก๊าซร้อนผ่านหลอดน้ำ (8) ท่อไอดง (5) เข้าสู่อุปกรณ์อุ่นน้ำเลี้ยง (6) อุปกรณ์กำจัดละอองขี้เถ้า (12) และอากาศภายในอุปกรณ์ด้วย ภายหลังที่ก๊าซร้อนผ่านอุปกรณ์อุ่นอากาศแล้วจะผ่านพัดลมดูด (13) เข้าสู่ปล่อง (14) และปล่อยออกสู่บรรยากาศภายนอก

6. เชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นหลักในเตาหม้อน้ำ เพื่อต้มให้เป็นไอน้ำไปขับดันกังหันสำหรับโรงไฟฟ้ามีอยู่ทั้ง 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลวและก๊าซ คือ ถ่านหิน น้ำมันเตา และก๊าซธรรมชาติ

6.1 ถ่านหิน

ถ่านหิน เป็นเชื้อเพลิงที่เกิดจากการทับถมของซากพืชและสัตว์เป็นเวลานานหลายล้านปี มีส่วนประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน กำมะถัน และแร่ธาตุบางชนิดสะสมอยู่

การแบ่งชนิดของถ่านหิน ปกติจะแบ่งตามอายุ วัดจากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของถ่านหินที่เกิดจากการสะสมตัวเป็นเวลานานทำให้ปริมาณธาตุคาร์บอนของถ่านหินเพิ่มขึ้น ปริมาณธาตุไฮโดรเจน ออกซิเจนและความชื้นลดลง แบ่งเป็นดังนี้

1. แอนทราไซด์ เป็น ถ่านหินที่มีคุณสมบัติที่จะเป็นเชื้อเพลิงดีที่สุด มีอายุนานที่สุดคือมากกว่า 200 ล้านปีขึ้นไปมีความแข็งมาก สีดำ ติดไฟยาก ถ้าอุณหภูมิไม่สูงพอ มีควันน้อย ประกอบด้วยคาร์บอน 92 – 94% ไฮโดรเจน 3.0 – 4.0% ค่าความร้อนสูงกว่า 16,000 บี.ที.ยู/ปอนด์ ปกติใช้ผลิตไอน้ำและเผาให้ความร้อน

2. บิทูมินัส เป็นถ่านหินชั้นรองมาจากแอนทราไซด์เมื่อติดไฟมีเปลวสีเหลือง ประกอบด้วยคาร์บอน 75 – 90% ไฮโดรเจน 4.5 – 5.5% ออกซิเจน 5.5 – 20% ความชื้น 5 – 20% ค่าความร้อน 12,000 – 16,000 บี.ที.ยู/ปอนด์ ปกติใช้ผลิตถ่านโค้ก ก๊าซ ไอน้ำ และใช้ตามบ้าน

3. ลิกไนต์ เป็นถ่านหินชนิดเลวที่สุดและมีอยู่เป็นจำนวนมาก ใช้เป็นเชื้อเพลิงในงานอุตสาหกรรมมีขี้เถ้ามากประกอบด้วยคาร์บอน 60 – 75% ไฮโดรเจน 5 – 10% ออกซิเจน 20 – 35% สารระเหิดกว่า 45% ความชื้น 20 – 60 % ค่าความร้อน 10,500 – 12,000 บี.ที.ยู/ปอนด์ ปกติใช้เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้เป็นส่วนใหญ่

6.2 น้ำมันเตา

น้ำมันเตา เป็นเชื้อเพลิงเหลวที่เป็นผลผลิตมาจากการกลั่นน้ำมันปิโตเลียมให้ความร้อนและอุณหภูมิสูงเหมาะสำหรับใช้กับตาหม้อน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของน้ำมันเตาปัจจุบันแบ่งเป็น 5 เกรด คือ

1. น้ำมันเตาเบอร์ 1 หมายถึง น้ำมันเตาที่ใช้กับหัวเผาในเตาหม้อน้ำ ทำการทดสอบได้คือ ใช้เผาให้กัดกร่อนผิวทองแดงในเวลา 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 122 องศาฟราเรนไฮ แผ่นทองแดงจะไม่มีคราบสีเทาหรือสีดำติดอยู่เลย สีของน้ำมันเตาเบอร์ 1 คือ สีอ่อน ค่อนข้างใส

2. น้ำมันเตาเบอร์ 2 เป็นน้ำมันเตาชนิดที่คุณภาพด้อยกว่าน้ำมันเตาเบอร์ 1 ใช้กับเครื่องทำความร้อนภายในบ้านเรือน สีของน้ำมันชนิดนี้เป็นสีเหลืองอำพัน

3. น้ำมันเตาเบอร์ 3 ยกเลิกไปจากมาตรฐาน

4. น้ำมันเตาเบอร์ 4 เป็นน้ำมันเตาที่ใช้กับหัวพ่นชนิดที่ไม่มีอุปกรณ์อุ่นน้ำมัน สีของมันเป็นสีดำ

5. น้ำมันเตาเบอร์ 5 เป็นน้ำมันเตาที่ใช้กับอุปกรณ์อุ่นน้ำมัน เป็นน้ำมันที่มีความหนืดมากจึงต้องอุ่นก่อนเพื่อให้น้ำมันไหลง่ายขึ้น น้ำมันเบอร์นี้เป็นสีดำ

6. น้ำมันเตาเบอร์ 6 เป็นน้ำมันเตาที่มีความหนืดมากที่สุดจึงต้องใช้เฉพาะกับหัวพ่นที่มีอุปกรณ์อุ่นน้ำมันเท่านั้น น้ำมันเบอร์นี้เป็นสีดำ

6.3 ก๊าซธรรมชาติ

ก๊าซธรรมชาติเป็นก๊าซที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ สะสมกันอยู่ใต้ผิวพื้นดินที่เป็นช่องว่างอาจอยู่ใกล้กับสถานที่พบน้ำมันดิบ

เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Steam Generator)

ความจุ 25.2 กิโลกรัม/วินาที (200,000 ปอนด์/ชั่วโมง)

ความดันในการออกแบบ 7,590 Kps (1,100 ปอนด์/ตารางนิ้ว)

ความดันใช้งาน 6,624 Kps (960 ปอนด์/ตารางนิ้ว)

อุณหภูมิไอน้ำ 485 องศาเซลเซียส (950 องศาฟราเรนไฮ)

เชื้อเพลิง น้ำมัน/ก๊าซ

ก๊าซธรรมชาติประกอบด้วยมีเทน (CH_4) 70% โดยปริมาตรขึ้นไป และมีก๊าซอีเทน (C_2H_6) และก๊าซต่างๆ อีก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน และออกซิเจน ซึ่งส่วนย่อยดังกล่าวนี้จะไม่แน่นอนเสมอไป

ก๊าซธรรมชาติจะแบ่งออกเป็น 2 สถานะ คือ การเป็นของเหลวและเป็นก๊าซ

1. ก๊าซธรรมชาติที่เป็นของเหลว ประกอบด้วยสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าโพรเทน เช่น บิวเทน และสารไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า ก๊าซธรรมชาติชนิดนี้ภายหลังที่แยกเอาสารที่เบากว่าไพรเทนออกแล้ว จะได้น้ำมันก๊าซโซลีนชนิดหนึ่งแต่ยังไม่เหมาะที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนเพราะจะเกิดการน็อกในเครื่องยนต์ จึงต้องมีการเติมสารชนิดอื่นเพื่อปรับปรุงคุณภาพเสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ก๊าซธรรมชาติที่มีสถานะเป็นก๊าซ ประกอบด้วยมีเทนและอีเทน ใช้ในบ้านเรือน ตามโรงงานอุตสาหกรรม และการเกษตรได้โดยตรงพร้อมที่จะเป็นเชื้อเพลิงได้แล้วเพียงแต่นำมากำจัดพวกสารต่างๆ เช่น สารประกอบของกำมะถันออกเสียก่อน

ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจะใช้ก๊าซธรรมชาติเพราะให้ความร้อนสูง สิ่งที่เหลือจากการเผาไหม้มีน้อย เช่น เขม่าหรือขี้เถ้าจึงจะสะอาดและสะดวกสบายกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ

7. เชื้อเพลิงถ่านลิกไนต์

สรุปหลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนซึ่งใช้ถ่านลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง

เมื่อขุดถ่านลิกไนต์ขึ้นมาจากเหมือง แล้วจะลำเลียงตามสายพานจากบ่อเหมืองไปยังลานกองถ่าน (Stock Pile) เพื่อสำรองใช้งาน จากนั้นก็จะถูกส่งต่อไปยังอาคารรับถ่าน (1) (Distribution Bunker) และอาคารแยกเหล็ก (2) (Iron Seperation Building) เพื่อแยกเศษเหล็กที่ปนมากับถ่านออกมิให้เข้าไปยังโม่บดถ่าน มิฉะนั้น จะทำให้ไม่เสียหายได้แล้ว จึงถูกส่งต่อไปยังอาคารบดถ่าน (3) (Crusher House) เพื่อให้ถ่านมีขนาดเล็กลงตามที่ต้องการ ถ่านที่ออกจากอาคารบดถ่านจะถูกส่งไปโดยสายพานหลัก (Main Converyor) แล้วจึงแยกเข้าโรงไฟฟ้าแต่ละโรงโดยสายพานย่อย (Branch Converyor) อีกทีหนึ่ง ซึ่งในอาคารหม้อน้ำของโรงไฟฟ้าฯ จะมีสายพานลำเลียงภายในอาคารหม้อน้ำ (4) (Boiler Bunker Conveyor) เพื่อที่นำถ่านลิกไนต์ไปเติมลงในถังเก็บถ่าน (5) (Coal Bunker) แต่ละถัง ระบบที่นำถ่านจากลานกองถ่านจนมาถึงถังเก็บถ่านของอาคารหม้อน้ำนี้เรียกว่า ระบบขนส่งถ่าน (Lignite Handline System)

ถ่านจากถังเก็บถ่านจะถูกป้อนเข้าไม่โดยเครื่องป้อนถ่าน (6) (Coal Feeder)ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมปริมาณถ่านให้เหมาะสม และส่งเข้าโม่ (7) (Pulverizer) ซึ่งจะบดถ่านให้ป่นเป็นผงละเอียดเพื่อจะผสมกับอากาศร้อนซึ่งได้จากพัดลมดูดอากาศปฐมภูมิ (8) (Primary Air Fan) และถูกลำเลียงโดยอากาศร้อนไปยังห้องเผาไหม้ (9) (Combustion Chamber) ซึ่งผงถ่านจะติดไฟและให้ความร้อนเพื่อต้มน้ำทำให้น้ำกลายเป็นไอต่อไป ในขณะเดียวกันพัดลมอัดอากาศ (10) (Forced Draft Fan) จะส่งอากาศเพื่อใช้ในการสันดาปไปป้อนยังห้องเผาไหม้ เพื่อให้การลุกไหม้ภายในนั้นเป็นไปด้วยดี อากาศที่ออกจากพัดลมดูดอากาศปฐมภูมิ และพัดลมอัดอากาศนั้นจะถูกทำให้ร้อนโดยนำไปผ่านอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนให้อากาศ (11) (Air Heater) ซึ่งจะทำงานโดยดึงความร้อนจากก๊าซร้อนที่ออกจากเตามาถ่ายเทให้อากาศ

ผลจากการเผาไหม้ภายในเตาจะทำให้เกิดความร้อน ฝุ่นละอองและขี้เถ้าที่จับกันเป็นก้อนจะตกลงสู่ก้นเตาส่วนฝุ่นละอองก็จะถูกพาไปโดยก๊าซร้อนซึ่งจะผ่านไปตามส่วนต่าง ๆ ของหม้อน้ำ และจะผ่านเข้าไปในเครื่องแยกฝุ่นละออง (12) (Precipitator) ซึ่งจะแยกฝุ่นละอองด้วยไฟฟ้าสถิต ต่อจากนั้นก๊าซที่แยกฝุ่นละอองออกแล้วจะถูกดูดผ่านพัดลมดูดอากาศ (13) (Induced

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Draft Fan) เข้าสู่ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Flue Gas Desulfurization Plant : FGD) ก่อนปล่อยออกไปทางปล่องควัน (14) (Stack) ต่อไป

น้ำที่ใช้ในการผลิตไอน้ำในโรงไฟฟ้านี้ จะต้องผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ จากโรงบำบัดน้ำ (Water Treatment Plant) ซึ่งไม่ได้แสดงไว้ในไดอะแกรมนี้ ถ้าใช้น้ำไม่บริสุทธิ์ในการผลิตไอน้ำแล้ว อาจจะทำให้ท่ออุดตันเกิดความเสียหายหรืออาจทำให้หม้อน้ำระเบิดได้ ความร้อนที่เกิดจากการเผาผงถ่าน จะทำให้น้ำบริสุทธิ์ภายในท่อน้ำที่จะประกอบกันเป็นผนังหม้อน้ำ (Wall Tube) ได้รับความร้อนจนเดือดกลายเป็นไอน้ำ โดยจะไหลไปที่ถังแยกไอน้ำ (30) เพื่อแยกไอน้ำไว้ในส่วนบนของถังแยกไอน้ำ ไอน้ำนี้จะมีอุณหภูมิและความดันสูงจากนั้น ไอน้ำที่ได้จะถูกส่งไปเพิ่มอุณหภูมิเพื่อให้เป็นไอดง (Superheated Steam) ที่แผงหม้อน้ำอีกชุดหนึ่งซึ่งเรียกว่าแผงไอดง (15) แล้วจึงถูกส่งไปยังเครื่องกังหันความดันสูง (16) (High Pressure Turbine) หลังจากนั้นไอน้ำจะถูกส่งกลับไปยังหม้อน้ำ เพื่อรับความร้อนอีกครั้งหนึ่งที่แผงหม้อน้ำซึ่งเรียกว่ารีฮีตเตอร์ (17) แล้วจึงถูกส่งไปยังเครื่องกังหันความดันปานกลาง (18) (Intermediate Pressure Turbine) และส่งต่อไปยังเครื่องกังหันความดันต่ำ (19) (Low Pressure Turbine) เพลาของเครื่องกังหันทั้ง 3 ชนิดซึ่งเชื่อมติดต่อกันนั้นจะต้องต่อตรงกับเพลาของโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (20) ตัวโรเตอร์จะหมุนอยู่ในสเตเตอร์ (21) พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้จะถูกเพิ่มแรงดันด้วยหม้อแปลงไฟฟ้า (22) ก่อนที่จะส่งไปยังระบบสายส่งต่อไป

ไอน้ำที่ผ่านเครื่องกังหันความดันต่ำจะถูกทำให้เย็นลง และกลับกลายเป็นน้ำที่เครื่องควบแน่น (23) ภายในเครื่องควบแน่นจะมีน้ำเย็นอีกระบบหนึ่งสำหรับความร้อนจากไอน้ำที่ผ่านเครื่องกังหันความดันต่ำ น้ำเย็นเมื่อได้รับความร้อนจากไอน้ำแล้ว จะไหลวนเวียนจากเครื่องควบแน่นไประบายความร้อนที่หอทำความเย็น (31) (Cooling Tower) จากนั้น ก็ผ่านปั๊มน้ำหล่อเย็น (32) (Cooling Water Pump) กลับมาที่เครื่องควบแน่นอีกครั้งอย่างสม่ำเสมอเพื่อรับความร้อนจากไอน้ำในเครื่องควบแน่นอีกครั้ง

น้ำที่เกิดจากการควบแน่นนี้จะถูกนำกลับไปใช้ใหม่โดยปั๊มน้ำควบแน่น (24) (Condensate Extraction Pump) ส่งน้ำไปทำให้ร้อนขึ้นที่เครื่องทำความร้อนความดันต่ำ (25) (Low Pressure Heater) แล้วผ่านไปยังอุปกรณ์แยกอากาศออกจากน้ำ (26) (Deaerator) เพื่อกำจัดอากาศออกป้องกันไม่ให้เกิดสนิมภายในท่อต่าง ๆ จากนั้นจะถูกส่งไปยังปั๊มส่งน้ำเข้าหม้อน้ำ (27) (Boiler Feed Pump) ซึ่งจะเพิ่มความดันของน้ำให้สูงขึ้น แล้วส่งต่อไปยังเครื่องทำความร้อนความดันสูง (28) (High Pressure Heater) แล้วจึงถูกส่งเข้าหม้อน้ำที่แผงหม้อน้ำชุดหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า อีโคโนไมเซอร์ (29) จากนั้นน้ำจะไหลเข้าสู่ถังแยกไอ (30) แล้วไหลลงสู่เบื้องล่างของหม้อน้ำและย้อนกลับขึ้นมาทางท่อที่ผนังหม้อน้ำเพื่อรับความร้อน จากนั้นจึงไหลกลับไปยังถังแยกไออีกครั้งเพื่อแยกไอน้ำ แล้วไอน้ำนี้จะถูกส่งไปเพิ่มอุณหภูมิที่แผงไอดงเพื่อส่งไปเข้าเครื่องกังหันความดันสูงต่อไป ซึ่งจะหมุนเวียนเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าโรงไฟฟ้าจะหยุดซ่อนตามกำหนดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. กังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

กังหันไอน้ำที่ใช้ในปัจจุบันคิดค้นโดยวิศวกรชาวอังกฤษชื่อ เซอร์ ชาร์ล เฟอร์สัน (ระหว่างปี พ.ศ. 2398 – 2474) โดยใช้หลักการว่า ความดันไอน้ำจะดันใบพัดให้หมุนรอบแกนได้

ในปี พ.ศ. 2427 เฟอร์สัน ใช้หลักการของแรงดันไอน้ำนี้สร้างเครื่องกังหันขึ้นเป็นครั้งแรก ามารถหมุนและขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 10 กิโลวัตต์ได้ที่ความเร็ว 1,800 รอบ/นาที (ปัจจุบันโรงไฟฟ้าพลังความร้อนกังหันไอน้ำสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากกว่า 600 เมกะวัตต์ที่ 3,000 รอบ/นาที อุณหภูมิไอน้ำ 540 องศา ความดันไอน้ำมากกว่า 200 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

ส่วนประกอบหลักของกังหันไอน้ำ มีอยู่ 2 ส่วน คือ

1. ส่วนที่อยู่กับที่ (Stationary Part) เป็นส่วนที่ไม่มีการหมุน ได้แก่ กรอบนอก (Casing) ซึ่งเป็นเปลือกนอกที่ห่อหุ้มชิ้นส่วนต่าง ของเครื่องกังหัน ก่อนที่ไอน้ำจะเข้าเครื่องกังหันจะต้องผ่านวาล์ว 2 ตัว ตัวแรกคือวาล์วเมน (Main Steam Stop Valve) ซึ่งจะปิดหรือเปิดไอน้ำได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อได้รับคำสั่งวาล์ว ตัวที่สองคือวาล์วควบคุม (Governer Valve) สามารถควบคุมปริมาณไอน้ำให้ไหลเข้าเครื่องกังหันตามปริมาณที่กำหนดได้

2. ส่วนที่หมุน (Rotating Part) เป็นส่วนที่มีการหมุนโดยมีเพลาเป็นแกนกลางและมีใบพัดประกอบเป็นชั้นๆ ยึดติดอยู่กับเพลา เมื่อไอน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิสูงถูกฉีดปะทะใบพัดจะผลักดันให้เกิดการหมุน

หลักการทำงาน

กังหันไอน้ำจะต้องใช้ไอดง (ไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงและไม่มีส่วนของน้ำปนอยู่) ที่มีความดันและอุณหภูมิสูง ผ่านวาล์วควบคุมกำหนดปริมาณไอน้ำ ผ่านหัวฉีดไปชนใบพัดของกังหันเกิดการขยายตัวไล่ไปตามชั้นของใบพัดจากด้านล่างขึ้นไปยังด้านบน ชั้นของใบพัดจะถูกออกแบบให้มีขนาดและมุมใหญ่และกว้างขึ้นจากนั้นไอน้ำจะลดความดันและอุณหภูมิลงตามสัดส่วนของมุมและขนาดของใบพัดแต่ความเร็วรอบของกังหันจะยังคงที่ จากนั้น ไอน้ำจะไหลออกจากกังหันเข้าสู่เครื่องควบแน่นที่ใช้น้ำเย็นมาระบายความร้อนให้ไอน้ำกลายเป็นน้ำกลับเข้าสู่ระบบตามเดิม

9. ตัวอย่างการทำงานของโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำแบบต่าง ๆ

ตัวอย่างที่ 3.1 การทำงานของโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำแบบความดันไอน้ำย้อนกลับ (Back Pressure Steam Turbine)

ส่วนประกอบ

1. หม้อต้มไอน้ำ
2. กังหันแบบความดันหันกลับ (Back Pressure Turbine)
3. ถังพักไอน้ำ (Steam Consumer)
4. ถังเก็บน้ำ (Feedwater Tank)
5. วาล์วความดันไอน้ำ (Steam Bypass)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงาน

น้ำจะถูกนำมาต้มที่หม้อต้มไอน้ำ (1) กลายเป็นไอน้ำความดันสูงไปดันกังหันไอน้ำให้หมุน กังหันจะต่ออยู่บนเพลาเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้กำเนิดแรงดันไฟฟ้าออกไป ส่วนไอน้ำเมื่อดันกังหันแล้วจะผ่านออกไปนอกชุดกังหั ไอน้ำส่วนหนึ่งที่มีความดันเหลืออยู่อีกมากจะผ่านวาล์วความดันได้และจะย้อนกลับมาดันกังหันให้หมุนอีกครั้งหนึ่ง(Back Pressure) ไอน้ำส่วนที่ความดันลดลงไม่สามารถผ่านวาล์วได้ก็จะแยกตัวออกไปเป็น 2 ส่วน ๆ หนึ่งที่ไอน้ำจะกลับตัวเป็นน้ำเองได้จะไหลเข้าสู่ถังเก็บ (4) อีกส่วนหนึ่งยังไม่สามารถกลั่นตัวเป็นไอน้ำเองได้จะเข้าสู่ถังพักไอน้ำ (3) และจะกลายเป็นไอเป็นระบบวัฏจักรต่อเนื่องกันไป

ตัวอย่างที่ 3.2 การทำงานของโรงไฟฟ้าแบบกังหันไอน้ำควบกัน 2 ตัว (Condensing Turbine)

ส่วนประกอบ

1. หม้อต้มไอน้ำ
2. กังหันควบกัน 2 ตัว (Condensing Turbine)
3. ถังพักไอน้ำ (Steam Consumer)
4. ถังเก็บน้ำ (Feedwater Tank)
5. วาล์วไอน้ำผ่าน (Steam Bypass)
6. ส่วนควบแน่น

การทำงาน

น้ำจะถูกนำมาต้มที่หม้อต้มไอน้ำ (1) กลายเป็นไอน้ำความดันสูงผ่านวาล์วไปยังกังหันดันไอน้ำตัวแรกให้หมุน ไอน้ำส่วนที่ผ่านกังหันจะแยกออกเป็น 4 ทาง ทางแรกออกไอน้ำที่มีความดันสูงอยู่ จะออกทางด้านบนผ่านวาล์วและไปดันกังหันอีกตัวหนึ่งที่ต่อควบอยู่บนเพลาเดียวกับกังหันไอน้ำตัวแรกขับให้กังหันหมุนและต่อแกนอยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ให้กำเนิดแรงดันไฟฟ้าออกไป ไอน้ำส่วนที่สองจะออกทางด้านล่างของกังหันไอน้ำตัวแรก ส่วนที่มีความดันสูงอยู่ก็จะย้อนกลับผ่านวาล์วไปดันกังหันอีกครั้งหนึ่ง ส่วนที่ความดันลดลงจะแยกออกมาแล้วไปที่ถังเก็บน้ำหรือถังพักน้ำตามสภาพของอุณหภูมิ ไอน้ำส่วนที่ 3 จะออกไปยังเครื่องควบแน่น (6) และถูกระบายความร้อนด้วยน้ำ ไอน้ำจะกลายเป็นน้ำปั๊มเข้าไปยังถังเก็บน้ำ และไอน้ำส่วนสุดท้ายจะถูกนำไปอุ่นน้ำจากคอนเดนเซอร์เพื่อเป็นน้ำร้อนนำไปเก็บยังถังเก็บเพื่อจะนำไปต้มที่หม้อน้ำต่อไป

ตัวอย่างที่ 3.3 แสดงโรงไฟฟ้าหลักและโรงไฟฟ้ารอง

ส่วนประกอบ

1. หม้อต้มไอน้ำ
2. กังหันไอน้ำพร้อมเครื่องควบแน่น
3. เครื่องอุ่นน้ำโดยไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ถังเก็บน้ำป้อนเข้าหม้อน้ำแบบเปิด

5. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

6. ปั๊มน้ำ

7. วาล์วไอน้ำ

การทำงาน ในส่วนของโรงไฟฟ้าหลัก

น้ำจากถังเก็บน้ำ (4) ถูกปั๊มเข้าสู่หม้อต้มไอน้ำ (1) ที่มีเชื้อเพลิงเผาไหม้ให้น้ำกลายเป็นไอดง (ไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูงไม่มีส่วนของน้ำปนอยู่) ผ่านวาล์ว (7) เข้าสู่กังหันไอน้ำ (2) ไอน้ำจะดันใบพัดของกังหันให้หมุน ซึ่งอยู่บนแกนเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (5) ผลิตกระแสไฟฟ้าจ่ายออกไป ไอน้ำที่ผ่านกังหันแล้วมีอุณหภูมิและความดันลดลงเข้าสู่เครื่องควบแน่น (2) ที่อยู่ในชุดเดียวกันกับกังหันไอน้ำนี้ จะถูกระบายความร้อนด้วยน้ำเย็นที่สูบมาจากแหล่งน้ำภายนอก ไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นน้ำและปั๊ม (6) ผ่านมาที่เครื่องอุ่นน้ำโดยใช้ไอน้ำอีกส่วนหนึ่งที่ยังร้อนอยู่และออกมาจากอีกท่อหนึ่งของกังหันมาถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำ และตัวมันเองจะลดอุณหภูมิและความดันลงอีกครั้งกลั่นตัวกลายเป็นน้ำปั๊มกลับเข้าสู่ระบบต่อไป

การทำงาน ในส่วนของโรงไฟฟ้ารอง

น้ำจากถังเก็บน้ำจะปั๊มเข้าสู่หม้อต้มไอน้ำผ่านวาล์วเข้าสู่เครื่องกังหัน และหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไอน้ำที่ออกจากเครื่องกังหันจะนำไปอุ่นน้ำที่จะปั๊มเข้าสู่หม้อต้มไอน้ำ ส่วนของไอน้ำนี้จะลดอุณหภูมิลงและกลั่นตัวเป็นน้ำกลับมามีที่ส่วนของโรงไฟฟ้าหลักเพื่อหมุนเวียนใช้งานต่อไป

ตัวอย่างที่ 3.4 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนกังหันไอน้ำแบบทำให้ความร้อนหมุนเวียนอีกครั้ง (Reheat Cycle)

ส่วนประกอบ

1. หม้อต้มไอน้ำ
2. กังหันไอน้ำความดันสูง
3. กังหันไอน้ำความดันปานกลาง
4. กังหันไอน้ำความดันต่ำ
5. เครื่องควบแน่น
6. วาล์วความดันนิรภัย
7. วาล์วควบคุมความเร็วไอน้ำ
8. ว าล์วควบคุมอัตโนมัติ
9. ชุดเครื่องทำความร้อนหมุนเวียน
10. วาล์วตัดตอน
11. ปั๊ม
12. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การทำงาน

น้ำถูกส่งเข้าหม้อต้มไอน้ำ (1) เชื้อเพลิงจะต้มน้ำให้เป็นไอความดันสูงไหลผ่านวาล์วความดันนิรภัย (6) (Pressure Safely Valve) ผ่านวาล์วควบคุมความเร็วของไอน้ำ (7) ผ่านวาล์วควบคุมไอน้ำอัตโนมัติ (8) (Govemer Valve) เข้าสู่กังหันไอน้ำความดันสูง (2) ไอน้ำจะดันใบพัดของเครื่องกังหันให้หมุนบนแกนเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไอน้ำส่วนนี้จะผ่านกังหันออกไปและรับความร้อนอีกครั้งหนึ่งจากความร้อนส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องให้ความร้อนหมุนเวียนอีกครั้งหนึ่ง (Preheat) ไอน้ำจะมีความดันเพิ่มขึ้น ไหลออกไปผ่านวาล์วความดันนิรภัย ผ่านวาล์วตัดตอน (10) (Intercept Valve) เข้าสู่กังหันความดันปานกลาง (3) ไอน้ำจะดันใบพัดของกังหันให้หมุนและผ่านออกไปยังกังหันไอน้ำความดันต่ำ (4) ไอน้ำจะลดอุณหภูมิและความดันลงเข้าสู่ส่วนกลางของกังหัน และดันออกทั้งสองด้านของกังหันลงสู่เครื่องควบแน่น (5) โดยจะมีน้ำเย็นมาระบายความร้อนให้กับไอน้ำๆ จะกลั่นตัวเป็นน้ำปั้ม (11) เข้าสู่หม้อต้มไอน้ำต่อไป

10. ตำแหน่งที่จะต้องวัดความดันและอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน
    1. อุณหภูมิและความดันของไอน้ำจากไอดง ส่วนที่ 2
    2. อุณหภูมิและความดันของไอน้ำจากไอดง ส่วนที่ 1
    3. อุณหภูมิของก๊าซที่ทางออกของไอดง
    4. อุณหภูมิของน้ำจากอีโคโนไมเซอร์ (Economizer)
    5. อุณหภูมิและความดันของน้ำที่ป้อนเข้ามา
    6. อุณหภูมิของก๊าซ
    7. อุณหภูมิของอากาศจากเครื่องทำอากาศร้อน
    8. อุณหภูมิของอากาศที่จ่ายเข้าเครื่องทำความร้อน
    9. อุณหภูมิของเชื้อเพลิงก๊าซที่อยู่ในเครื่องทำอากาศร้อน
    10. อุณหภูมิด้านทางออกของเครื่องแยกน้ำให้เป็นฝอย
    11. อุณหภูมิของอากาศที่จ่ายเข้าเครื่องแยกน้ำให้เป็นฝอย
    12. อุณหภูมิและความดันของลิ้นบังคับไอน้ำ
    13. อุณหภูมิของลูกปืนแบริ่งของเครื่องกำเนิดและกังหันไอน้ำ
    14. อุณหภูมิและความดันของไอน้ำความดันสูงที่ส่งเข้าไปหมุนกังหัน
    15. อุณหภูมิส่วนที่อยู่กับที่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
    16. อุณหภูมิส่วนที่หมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
    17. อุณหภูมิและความดันของไอน้ำออก
    18. อุณหภูมิของน้ำที่ระบายความร้อนในเครื่องควบแน่นแล้ว
    19. อุณหภูมิของไอน้ำที่เข้าสู่เครื่องควบแน่น
    20. สูญญากาศในเครื่องควบแน่น
    21. อุณหภูมิของน้ำเย็นที่เข้ามาระบายความร้อนในเครื่องควบแน่น
    22. อุณหภูมิของน้ำร้อนในถัง
    23. อุณหภูมิและความดันของน้ำป้อนความดันต่ำจากปั้มน้ำ
    24. อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากเครื่องควบแน่น
    25. อุณหภูมิของน้ำเย็นในถังที่ระบายออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

26. อุณหภูมิของน้ำร้อนความดันต่ำที่ป้อนเข้า
27. อุณหภูมิของน้ำร้อนความดันต่ำที่จ่ายออก
28. อุณหภูมิของน้ำร้อนในถังที่ระบายออก
29. อุณหภูมิและความดันของน้ำร้อนที่จ่ายออก
30. อุณหภูมิและความดันของน้ำป้อนความดันกลางจากปั้มน้ำ
31. อุณหภูมิของน้ำร้อนความดันสูงที่ป้อนเข้าไปครั้งแรก
32. อุณหภูมิและความดันของน้ำร้อนความดันสูงที่ป้อนเข้าไปครั้งแรก
33. อุณหภูมิของน้ำร้อนความดันสูงที่ป้อนเข้าไปครั้งที่สอง
34. อุณหภูมิของน้ำร้อนความดันสูงที่จ่ายออกไป
35. ความดันของปั้มน้ำป้อนความดันสูงที่จ่ายเข้าไป

12. สรุปข้อดี ข้อเสีย ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนกังหันไอน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้าชนิดอื่น ๆ

ข้อดี

1. เชื้อเพลิงถ่านหินมีราคาถูกและมีปริมาณมากเพียงพอสำหรับโรงไฟฟ้า
2. ต้นทุนในการเดินเครื่องต่ำ
3. กำลังผลิตสูง สามารถจ่ายเสริมเข้าระบบผลิตไฟฟ้าของประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. ประหยัดการใช้น้ำมัน สามารถสงวนเงินตราของประเทศได้เป็นจำนวนมาก

ข้อเสีย

1. การเริ่มเดินเครื่องจุดเตาต้องใช้เวลานาน
2. มีมลภาวะของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นผลต่อสิ่งแวดล้อมใกล้เคียง
3. มีขี้เถ้าจากเชื้อเพลิงถ่านหิน ต้องใช้ที่เก็บเป็นจำนวนมาก

2.3 โรงไฟฟ้าบางปะกง

โรงไฟฟ้าบางปะกงเป็นโรงไฟฟ้าแห่งแรกของประเทศไทยที่ใช้ก๊าซธรรมชาติจากอ่าวไทยมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าเพื่อสนองนโยบายของรัฐบาล ที่ต้องการพัฒนาแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ ภายในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุด ช่วยลดปริมาณการใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง ปัจจุบันโรงไฟฟ้าบางปะกงเป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่และทันสมัยที่สุดในประเทศไทย

ประวัติความเป็นมา

ผลของการเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อ พ.ศ. 2516 ที่กระทบต่อระบบการผลิตไฟฟ้าเป็นสิ่งบ่งชี้ว่า แหล่งผลิตไฟฟ้าที่จะสามารถอำนวยประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศได้อย่างสูงสุดนั้น

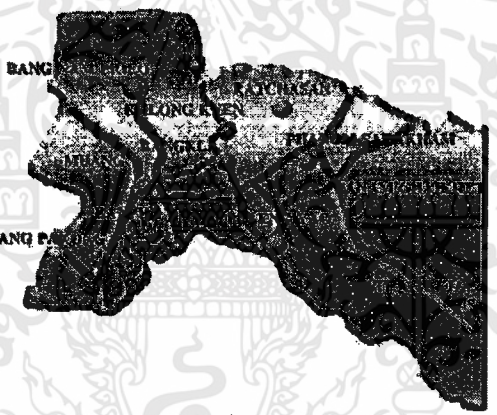
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในประเทศ ฉะนั้น กฟผ. จึงมีนโยบายพัฒนาแหล่งผลิตประเภท ดังกล่าวอย่างรวดเร็ว และกว้างขวาง ซึ่งได้แก่ พลังน้ำ ลิกไนต์ และก๊าซธรรมชาติ

โครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าบางปะกง เป็นโครงการขยายแหล่งผลิตไฟฟ้าที่สำคัญโครงการหนึ่ง กล่าวคือ เป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ช่วยลดการใช้น้ำมันที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศได้เป็นจำนวนมาก นอกจากนั้น ยังมีส่วนช่วยสนับสนุนอุตสาหกรรมปิโตรเคมิคัล และการพัฒนาอุตสาหกรรมชายฝั่งทะเลตะวันออกให้บรรลุผลขึ้น

ที่ตั้งโรงไฟฟ้าบางปะกง

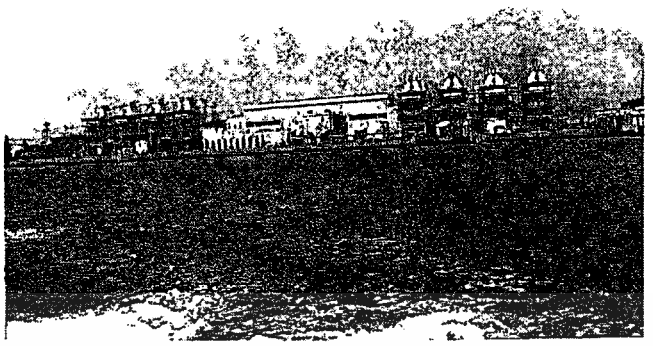
โรงไฟฟ้าบางปะกงตั้งอยู่บนพื้นที่ 1,050 ไร่ บริเวณฝั่งซ้ายของแม่น้ำบางปะกง ที่บ้านบางแสมและบ้านบางนางตำบลบางปะกง อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยอยู่ห่างจากปากแม่น้ำบางปะกงขึ้นมา ตามลำแม่น้ำประมาณ 11 กิโลเมตร หรือห่างจากสะพานเทพหัสดินไปทางเหนือน้ำประมาณ 2.5 กิโลเมตร



รูปที่ 2.2 ที่ตั้งโรงไฟฟ้าบางปะกง

การเดินทาง โรงไฟฟ้าบางปะกงอยู่ห่างจากกรุงเทพฯ 69 กิโลเมตร ใช้เส้นทางรถยนต์จากกรุงเทพฯ ไปตามถนนบางนา-ตราด ข้ามสะพานเทพหัสดินทร์ไปอีกประมาณ 1 กิโลเมตร จะเห็นป้ายชื่อโรงไฟฟ้า บางปะกง แล้วเลี้ยวซ้ายเข้าไปอีกประมาณ 2.5 กิโลเมตร ก็จะถึงโรงไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.3 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม 1, 2 บางปะกง

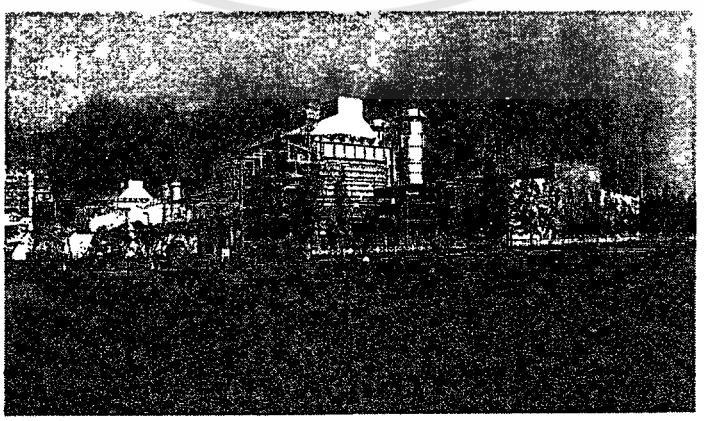
ลักษณะโครงการ

ลักษณะโครงการ โรงไฟฟ้าบางปะกง ประกอบด้วยโรงไฟฟ้าพลังความร้อน จำนวน 4 เครื่อง และโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมจำนวน 4 ชุด โดยแบ่งการดำเนินการออกเป็น 2 ระยะ คือ

ระยะที่ 1

เริ่มดำเนินการก่อสร้างเมื่อปี 2520 ประกอบด้วย การก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังความร้อน จำนวน 2 เครื่อง กำลังผลิต เครื่องละ 550,000 kW และโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม จำนวน 2 ชุด กำลังผลิตชุดละ 384,000 kW แต่ละชุดประกอบด้วยเครื่องผลิตไฟฟ้ากังหันแก๊สขนาด 60,700 kW 4 เครื่อง (สามารถใช้ได้ทั้งน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติ) และเครื่องผลิตไฟฟ้ากังหันไอน้ำขนาด 137,500 kW 1 เครื่อง การก่อสร้างโรงไฟฟ้าบางปะกงระยะที่ 1 แล้วเสร็จสมบูรณ์ ในเดือนพฤษภาคม 2527 รวมกำลังผลิตไฟฟ้าทั้งสิ้น 1,860,600 kW

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว และสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯสยามบรมราชกุมารี เสด็จพระราชดำเนินทรงประกอบพิธีเปิดโรงไฟฟ้าบางปะกง ระยะที่ 1 เมื่อวันที่ 8 มกราคม 2528



รูปที่ 2.4 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม 3, 4 บางปะกง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

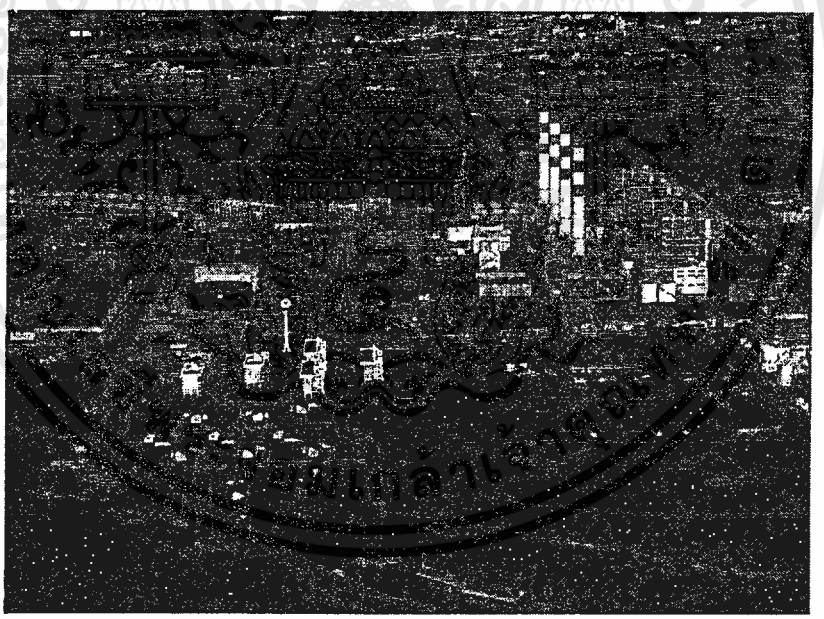
ระยะที่ 2

เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจของประเทศไทยใน พ.ศ. 2530 – 2531 ได้ขยายตัวสูงมาก การใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นสูงกว่าที่คาดการณ์ไว้ กฟผ. จึงวางแผนเร่งพัฒนาแหล่งผลิตไฟฟ้าเพื่อสนองความต้องการการใช้ ไฟฟ้าอย่างเพียงพอ และเพิ่มความมั่นคงแก่ระบบไฟฟ้าของประเทศ โครงการโรงไฟฟ้าบางปะกง ระยะที่ 2 ได้รับอนุมัติจากคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 29 มีนาคม 2531 และคณะกรรมการการพัฒนาการเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติเห็นชอบให้ดำเนินการ เมื่อวันที่ 16 พฤษภาคม 2531 การก่อสร้างโรงไฟฟ้าบางปะกง ระยะที่ 2 จึงได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนตุลาคม 2531 ประกอบด้วย

1. โรงไฟฟ้าพลังความร้อน เครื่องที่ 3 และ 4 กำลังผลิตเครื่องละ 600.000 kW

2. โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม ชุดที่ 3 และ 4 กำลังผลิตชุดละ 307,000 kW แต่ละชุดประกอบด้วยเครื่องผลิตไฟฟ้ากังหันแก๊สขนาด 104,000 kW 2 เครื่อง (สามารถใช้ได้ทั้งน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติ) และเครื่องผลิตไฟฟ้ากังหันไอน้ำ ขนาด 99.000 kW 1 เครื่อง

โรงไฟฟ้าบางปะกง ระยะที่ 2 แล้วเสร็จสมบูรณ์ในปี 2535 รวมกำลังผลิตไฟฟ้าทั้งสิ้น 1,814,000 kW



รูปที่2.5 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์

โรงไฟฟ้าบางปะกงมีกำลังผลิตไฟฟ้าสูงถึง 3,674,600 kW จึงเป็นโรงไฟฟ้าหลักที่ช่วยเสริมความมั่นคงให้ระบบไฟฟ้าส่วนรวมของประเทศและการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ก็เป็นการสนับสนุนนโยบายใช้ทรัพยากรภายในประเทศ สามารถประหยัดเงินซื้อน้ำมันจากต่างประเทศได้ปีละหลายล้านบาท นอกจากนี้ยังช่วยสนับสนุน และรองรับการเจริญเติบโตของโครงการ พัฒนาชายฝั่งทะเลตะวันออก ทำให้ภาคเอกชนมีความมั่นใจในการลงทุนมากขึ้น

โรงไฟฟ้าพลังความร้อน

เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้ไอน้ำเป็นตัวขับดันกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ให้หมุน และต่อเพลาเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าที่มีแรงดันและความถี่ตามที่กำหนด โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง เป็นโรงไฟฟ้าที่ออกแบบให้สามารถใช้เชื้อเพลิงได้ทั้งน้ำมันเตาและก๊าซธรรมชาติ ซึ่งถือได้ว่าเป็นโรงไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่และทันสมัยที่สุดในภูมิภาคเอเชียอาคเนย์ ภายในโรงไฟฟ้าติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการเดินเครื่องด้วยระบบคอมพิวเตอร์ สามารถทราบบัญชีข้อมูลการเดินเครื่องของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ทุกสภาพ

- **ขนาดของโรงไฟฟ้า**

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง เป็นโรงไฟฟ้า ที่ออกแบบให้ใช้ทั้งก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตา ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 4 เครื่อง มีขนาดกำลังผลิตรวมทั้งหมด 2300 MW

เครื่องที่	1	กำลังผลิต	550	MW
เครื่องที่	2	กำลังผลิต	550	MW
เครื่องที่	3	กำลังผลิต	600	MW
เครื่องที่	4	กำลังผลิต	600	MW

หลักการทั่วไปของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกงทั้ง 4 เครื่อง มีหลักการทำงานเหมือนกัน กล่าวคือเป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังความร้อนเป็นกำลังในการผลิตไฟฟ้า โดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อต้มน้ำให้กลายเป็นไอน้ำที่มีแรงดันสูงไปขับดันเครื่องกังหันไอน้ำ แล้วฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำการผลิตไฟฟ้า โดยนับตั้งแต่เริ่มเดินเครื่องจนใช้งานได้จะใช้เวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นโรงไฟฟ้าฐาน ซึ่งทำหน้าที่ในการผลิตไฟฟ้าตลอดเวลา

อุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้า : อุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน บางปะกง ชุด 1 - 4 ประกอบด้วยเครื่องผลิตไอน้ำ เครื่องกังหันไอน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งมีรายละเอียดลักษณะทางเทคนิคที่สำคัญของอุปกรณ์การผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกงสรุปได้ดังตารางที่ 2-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อเพลิง

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกงสามารถใช้เชื้อเพลิงได้ ทั้งก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตา โดยมีอัตราการใช้น้ำมันเตาและก๊าซธรรมชาติ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ระบบน้ำหล่อเย็น

ระบบน้ำหล่อเย็นของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกงเครื่องที่ 1-4 ใช้ระบบระบายความร้อนแบบหอคอยหล่อเย็น (Helper Cooling Tower) ชนิด Machanical Draft Cooling Tower โดยสูบน้ำจากแม่น้ำบางปะกงทั้งหมดประมาณ 388800 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือ 108 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำบางปะกงไม่เกิน 35 องศาเซลเซียส

การระบายก๊าซเสีย

คุณสมบัติของก๊าซที่ระบายออกมาจากปล่องควัน ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ภายใต้ภาระการผลิตกระแสไฟฟ้าเต็มกำลังได้ดัง ตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของก๊าซที่ระบายออกจากปล่องควันของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง (ภายใต้การผลิตไฟฟ้าเต็มกำลัง)

รายละเอียด	โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน			
	เครื่องที่ 1	เครื่องที่ 2	เครื่องที่ 3	เครื่องที่ 4
อุณหภูมิก๊าซที่ปล่อยออกปล่อง (K)	421	421	421	421
ความเร็วลมออกจากปล่อง (m/s)	22.9	22.9	27.6	27.6
ความเข้มข้นของมวลสารในอากาศเสีย *				
# TSP (มก./นอร์มัลลบ.ม.)	472.4	458	914.6	989.5
# SO_2 (มก./นอร์มัลลบ.ม.)	2356.6	2356.6	1955.3	107.5
# NO_2(มก./นอร์มัลลบ.ม.)	129.6	129.6	1955.3	107.5
Stack				
# ความสูง (ม.)	122	122	122	122
# เส้นผ่านศูนย์กลาง (ม.)	6.1	6.1	6.1	6.1

หมายเหตุ :* ค่าความเข้มข้นของมลสารในอากาศเสียของ TSP และ SO_2 พิจารณาจากผลการตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษ เมื่อวันที่ 7-16 พฤษภาคม 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

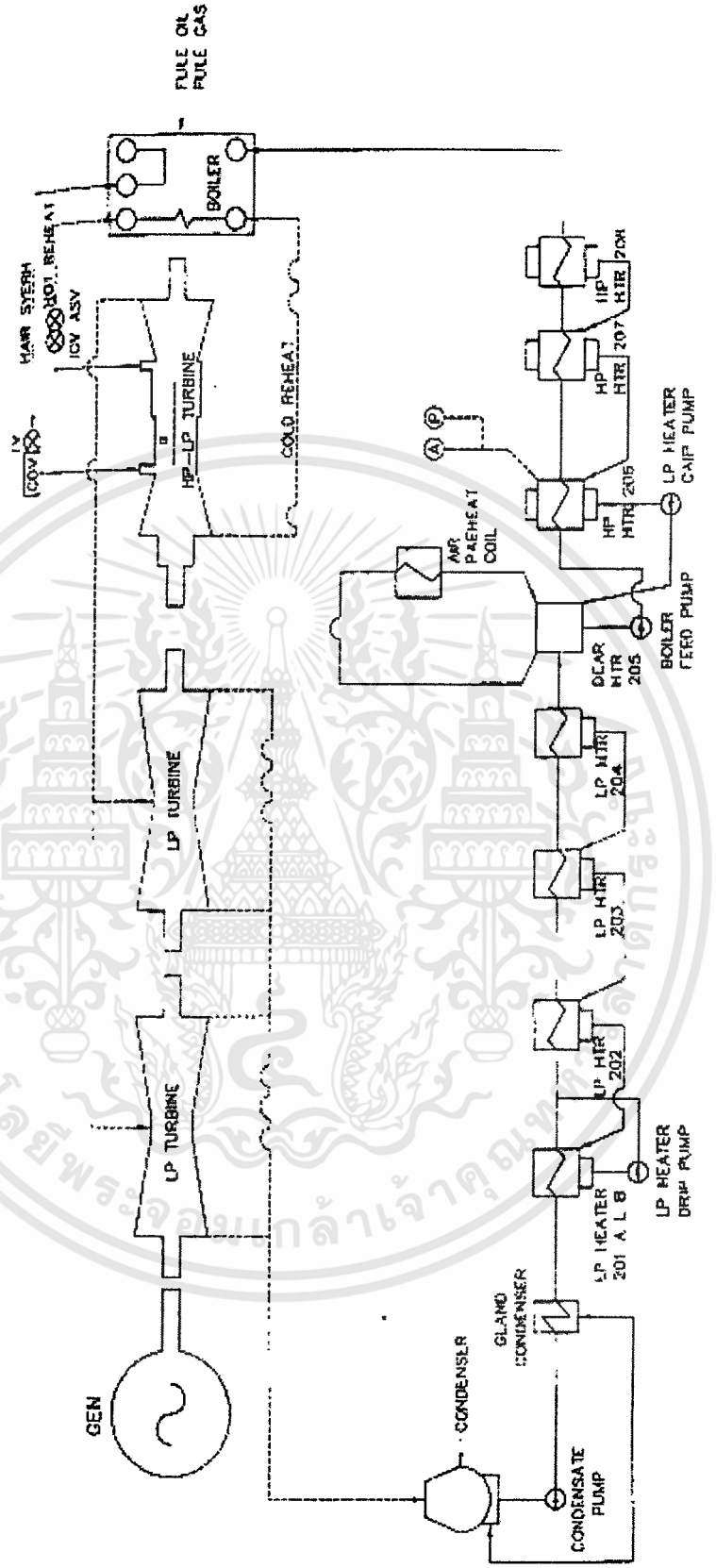
ตารางที่ 2.2 แสดงอัตราการใช้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน

ชนิดของเชื้อเพลิง	อัตราการใช้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน				รวม
	เครื่องที่1	เครื่องที่2	เครื่องที่3	เครื่องที่4	
- น้ำมันเตา(ล้านลิตร/วัน)	2.7	2.7	3.0	3.0	11.4
- ก๊าซธรรมชาติ(ล้าน ลบ.ฟุต/วัน)	120	120	130	130	500

ตารางที่ 2.3 ลักษณะทางเทคนิคของอุปกรณ์การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

รายละเอียด	โรงไฟฟ้าพลังความร้อน	
	เครื่องที่ 1 – 2	เครื่องที่ 3 – 4
1. เครื่องผลิตไอน้ำ (Steam Generator)		
- อุณหภูมิไอน้ำ (°C)	540	540
- พิกัดการผลิตไอน้ำ (ton/ hr)	1875	1941.9
- ความดันไอน้ำ (bar)	167	168
2. เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine)		
- อุณหภูมิไอน้ำ (°C)	540	540
- ความดันไอน้ำ (bar)	166	165.5
- ความเร็วรอบ (rpm)	3000	3000
3. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)		
- ขนาดพิกัด(kVA)	680000	706000
- ความถี่ (Hz)	50	50
- แรงดันไฟฟ้า (kV)	22	23
- ความเร็วรอบ (rpm)	3000	3000
4. หม้อแปลงไฟฟ้า		
จำนวน	2	2
ขนาดพิกัด (kVA)	680	706
แรงดันไฟฟ้า primary - secondary (kV)	22-299.43/235.46	23.0-229.42/235.46/241.5 0/ 247.54/253.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 กระบวนการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermal Power Process)

ไอน้ำหลังจากขับกังหันความดันต่ำ (Low Pressure Turbine) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าแล้ว จะถูกควบแน่นกลายเป็นน้ำ โดยเครื่องควบแน่น Condenser โดยจะใช้น้ำจากแม่น้ำบางปะกงมาเป็นตัวหล่อเย็น น้ำที่ผ่านการควบแน่นแล้ว จะไหลลงไปรวมกันที่ Hot well และมีน้ำอีกส่วนหนึ่งใน Hot well ซึ่งมาจากการปรับปรุงคุณภาพของน้ำดิบที่บางพระ จนกระทั่งได้เป็น Demineralized Water เรียกว่า Make up water น้ำใน Hot well จะถูกส่งไปที่ Condensate Pump เพื่อเพิ่มความดันขึ้นเป็น 25 bar. น้ำส่วนนี้จะถูกส่งผ่านเข้าสู่ Low Pressure Heater ซึ่งจะเพิ่มอุณหภูมิขึ้นสูงให้เป็น 155 $^{\circ}$C โดยแลกเปลี่ยนความร้อนกับไอน้ำบางส่วนที่ออกจาก Low Pressure Turbine จากนั้นน้ำจะผ่านไปยัง Deaerator เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ พร้อมขับไล่ก๊าซที่ไม่ต้องการออกจากน้ำ โดยใช้ ไอน้ำที่ผ่าน IP Turbine ไปสัมผัสกับน้ำโดยตรง (น้ำที่ออกจาก Deaerator นี้ จะมีอุณหภูมิประมาณ 190 $^{\circ}$C) น้ำจะถูกอัดความดันเพิ่มเป็น 190 – 200 bar. โดยใช้ Boiler Feed Pump และผ่านต่อไปยัง High Pressure Heater เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำให้สูงถึง 280 $^{\circ}$C โดยอาศัยแลกเปลี่ยนความร้อนกับไอน้ำบางส่วนที่มาจาก HP Turbine น้ำส่วนนี้จะถูกส่งต่อเข้าไปใน Boiler ตรงส่วนที่เป็น Economizer Coil ที่จุดนี้น้ำบางส่วนในท่อที่ได้รับความร้อนจาก Flue Gas จะเดือดกลายเป็นไอน้ำ ทั้งน้ำและไอน้ำจะถูกแยกออกจากกันเป็น 2 ส่วน โดยหลังจากผ่าน Steam Drum ส่วนที่เป็นน้ำจะถูกอัดเพิ่มความดันโดยใช้ Boiler Circulating Pump น้ำที่มีความดันสูงนี้ จะถูกส่งเข้าไปที่ Supply Drum แล้วแยกเป็น 2 ส่วน ส่วนใหญ่จะถูกส่งต่อไปยัง Wall Tube ซึ่งอยู่ที่ผนัง Boiler และส่วนที่เหลือจะถูกส่งไปยัง Evaporator Tube เพื่อต้มน้ำใน Tube ให้เดือดกลายเป็นไอน้ำแล้วจึงส่งกลับไปยัง Steam Drum อีกส่วนหนึ่งเพื่อแยกเอาไอน้ำออกต่อไป ระบบการไหลเวียนนี้ มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่ม ปริมาณไอน้ำในระบบให้สูงขึ้นนั่นเอง ไอน้ำจาก Steam Drum จะถูกส่งไปยัง Super Heat Coil เพื่อเปลี่ยนจากไอน้ำอิ่มตัว (Saturated Steam) ให้กลายเป็นไอน้ำอิ่มตัวยิ่งยวด (Superheated Steam) ที่ความดันประมาณ 165 bar. อุณหภูมิ 538 $^{\circ}$C (ในกรณีใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง) หรือ 520 $^{\circ}$C (ในกรณีใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง) ไอน้ำอิ่มตัวยิ่งยวดนี้ จะถูกส่งไปหมุนกังหันไอน้ำความดันสูง HP Turbine ซึ่งจะต่อเข้ากับ Generator เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ไอน้ำส่วนที่ออกจาก HP Turbine จะมีความดันลดต่ำลงเหลือประมาณ 35 – 40 Bar. และอุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 340 $^{\circ}$C ไอน้ำนี้จะถูกเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 538 $^{\circ}$C โดยผ่านท่อ Reheat Coil และได้รับความร้อนจาก Flue Gas ใน Boiler ทั้งนี้เป็นการป้องกันมิให้ไอน้ำเกิดการควบแน่นกลายเป็นน้ำเมื่ออยู่ใน IP Turbine หลังจากนั้นไอน้ำส่วนนี้จะถูกส่งไปหมุนกังหันไอน้ำความดันปานกลาง IP Turbine เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ไอน้ำส่วนที่ออกจาก IP Turbine จะมีความดันลดลง ซึ่งจะถูกส่งไปหมุนกังหันไอน้ำความดันต่ำ LP Turbine ไอน้ำส่วนที่ออกจาก LP Turbine จะมีความดันลดลงเหลือประมาณ 0.1 bar. ซึ่งจะถูกควบแน่นให้กลายเป็นน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกครั้ง โดยผ่าน Condenser ทั้งน้ำและ ไอน้ำก็จะหมุนเวียนอยู่ในระบบต่อไป ดังที่ได้อธิบายมาแล้วข้างต้น

ในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนนั้น จำเป็นจะต้องเข้าใจในกระบวนการผลิตไอน้ำ และวงจรต่างๆ ดังนี้

Water and Steam Cycle

Circulation คือ การ ไหลเวียนของน้ำภายใน Boiler ซึ่งมีความสำคัญ คือ

เพื่อให้น้ำที่ จะเปลี่ยนเป็นไอน้ำ มีปริมาณเพียงพอ และสม่ำเสมอ

เพื่อให้น้ำถ่ายเทความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงออกจาก Boiler Water Wall Tube

ถ้าการหมุนเวียนของน้ำภายใน Boiler ไม่เพียงพอ หรือขาดหายไปผลที่จะตามมาคืออาจเกิด Overheat ที่บริเวณ Water Wall Tube ซึ่งทำให้เกิดการรั่ว หรือท่ออาจแตกได้

สำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป ส่วนใหญ่จะเป็นประเภท Drum Type Boiler คือมี Boiler Drum ประกอบอยู่ด้วย โดยที่หน้าที่หลักของ Boiler Drum คือ

เป็นที่รับ Feed Water สำหรับ Boiler

เป็นที่รวบรวมไอน้ำที่เกิดขึ้น

Condensate System

เป็นระบบที่รับน้ำจาก Water Treatment และน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำที่ Turbine Condenser เพื่อส่งเข้า Feed Water System

น้ำจาก Water Treatment เป็นน้ำที่นำมาจากแหล่งน้ำดิบผ่านขบวนการแยกตะกอนและสิ่งแขวนลอยออกโดยการใช้ Filter และ Ion Exchanger และมีการเติมสารเคมีเพื่อให้ได้คุณภาพน้ำตามที่ต้องการเพื่อลดการผุกร่อนของท่อ น้ำที่เตรียมแล้วนี้จะเข้าสู่ระบบ Condensate ที่ Condenser

Condensate Pump จะดูดน้ำจาก Condenser Hotwell ส่งผ่านชุดของ Low Pressure Feed Water Heater เข้าสู่ Deaerator Heater

Feed Water Heater เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยถ่ายเทความร้อนจากไอน้ำที่แยกมาจาก Turbine เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ Feed Water ก่อนเข้าสู่ Boiler ประโยชน์ที่ได้จากการใช้ Feed Water Heater คือ

- เพิ่มประสิทธิภาพของวงจรไอน้ำให้สูงขึ้น
- ช่วยแยกก๊าซที่ปนมากับ Feed Water

สำหรับ Feed Water Heater อาจแยกได้เป็น 2 ประเภท คือ

- Open หรือ Direct Contact Feed Water Heater ซึ่งน้ำและไอน้ำจะสัมผัสและถ่ายเทความร้อนให้แก่กันโดยตรง และจะมีช่องเปิด (vent) สำหรับระบายก๊าซออกสู่บรรยากาศ Heater ประเภทนี้ที่ใช้งานในโรงไฟฟ้า ได้แก่ Deaerator Heater

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Surface หรือ Shell and Tube Feed Water Heater จะมีลักษณะการทำงานโดยให้น้ำไหลผ่านภายในท่อโดยรอบๆ ท่อภายใน shell จะมีไอน้ำไหลผ่าน การถ่ายเทความร้อนจะผ่านผิวท่อที่เป็นโลหะ Low Pressure Heater จะเป็น Heater ประเภทนี้

Feed Water System

ในระบบนี้น้ำอุ่นจาก Deaerator Heater จะถูกส่งเข้าสู่ Boiler Drum โดย Boiler Feed Pump Boiler Feed Pump ที่ใช้งานทั่วไปมี 2 ประเภท คือ

- Motor Driven Boiler Feed Pump ซึ่งใช้ Motor ไฟฟ้าเป็นตัวขับ Pump
- Turbine Driven Boiler Feed Pump ซึ่งใช้ไอน้ำจากระบบ นำมาขับ Turbine ซึ่งต่ออยู่กับ Pump

ปกติ Turbine Driven Boiler Feed Pump จะนำเข้าใช้งานเมื่อเดินเครื่องและจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบส่วนหนึ่งแล้ว

ในระบบนี้เมื่อน้ำไหลผ่าน Deaerator Heater แล้ว น้ำจะไหลเข้าสู่ชุดของ High Pressure Feed Water Heater เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของไอน้ำให้สูงขึ้นซึ่งลักษณะการทำงานจะเหมือนกับ Low Pressure Feed Water Heater

เมื่อน้ำไหลผ่าน High Pressure Feed Water Heater แล้วน้ำจะไหลกลับเข้า Boiler ที่ Economizer Tube ซึ่งน้ำจะได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นจาก Flue Gas ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ Boiler Furnace และยังคงมีอุณหภูมิสูงอยู่ก่อนที่จะออกไปทางปล่อง (Stack)

หลังจากผ่าน Economizer Tube แล้ว น้ำจะไหลเข้าสู่ Boiler Drum ที่ Feed Water Inlet

จาก Boiler Drum น้ำจะไหลออกทางท่อที่ต่ออยู่ทางด้านล่างซึ่งเรียกว่า Downcomer เข้าสู่ Lower Drum Header ซึ่งอยู่ใต้ Boiler แล้วจึงแยกเข้าท่อขนาดเล็กที่ประกอบกันขึ้นเป็นผนังของ Boiler ซึ่งเรียกว่า Waterwall Tube

น้ำภายใน Waterwall Tube เมื่อได้รับความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ Boiler Furnace น้ำจะเริ่มเดือดและบางส่วนจะกลายเป็นไอน้ำ ส่วนผสมของน้ำและไอน้ำนี้จะไหลย้อนกลับเข้า Boiler Drum โดยที่ไอน้ำจะแยกตัวขึ้นด้านบน และน้ำจะรวมกันอยู่ทางด้านล่างของ Boiler Drum

การที่น้ำไหลเวียนจาก Boiler Drum ผ่าน Downcomer แล้วเข้าสู่ Waterwall ก่อนที่จะย้อนกลับเข้าสู่ Boiler Drum อีก เนื่องจากน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำย่อมมีน้ำหนักและความหนาแน่นมากกว่าน้ำที่มีอุณหภูมิสูง รวมทั้งไอน้ำด้วย

การ Circulate ของน้ำภายใน Boilerในลักษณะนี้มีชื่อเรียกว่า Natural Circulation ซึ่งขึ้นกับ

ปริมาณความร้อนที่ Boiler Furnace

ความร้อนสูงของ Boiler Drum

Pressure ของ Boiler Drum ที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางครั้ง Downcomer Lines จะมีการติดตั้ง Pump เพื่อช่วยการ Circulate ให้ดีขึ้น ทำให้การถ่ายเทความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงสามารถถ่ายเทให้กับน้ำภายใน Waterwall Tube เป็นไปได้รวดเร็วและมากขึ้นอีกซึ่ง Boiler ประเภทนี้จะสามารถใช้งานได้ที่ความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น ลักษณะของการ circulate แบบใช้ pump ช่วยนี้เรียกว่า Controlled Circulation

Superheated and Reheated Steam System

ไอน้ำที่แยกตัวอยู่ด้านบนของ Boiler Drum จะไหลเข้าสู่บริเวณที่ เรียกว่า Superheater ซึ่งเป็นท่อที่ประกอบอยู่ภายใน Boiler ไอน้ำจะได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นแล้วกลายเป็น Superheated Steam

Superheater Tube อาจวางอยู่ในแนวนอนในลักษณะนี้เรียกว่า Horizontal Superheater ซึ่งมีข้อดีคือเป็น Self Draining ซึ่งง่ายต่อการระบายน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำระหว่างการหยุดเครื่อง บางครั้ง Superheater Tube อาจแขวนจากเพดานของ Boiler ในแนวดิ่ง เรียกว่า Pendant Superheater แต่ถ้าแขวนอยู่ในแนวดิ่งบริเวณที่รับความร้อนจากการแผ่รังสีโดยตรง คืออยู่บริเวณ Radiant Zone ของ Furnace ในลักษณะนี้เรียกว่า Planten Superheater

โดยทั่วไปไอน้ำจะไหลเข้าส่วนที่เรียกว่า Primary Superheater ซึ่งอยู่บริเวณ Convection Zone ก่อน แล้วจึงเข้าสู่ Secondary Superheater ซึ่งอาจอยู่ในบริเวณ Convection Zone หรือ Radiant Zone ก็ได้ เมื่อไอน้ำมีอุณหภูมิตามกำหนดแล้วจะไหลออกจาก Boiler เรียกว่า Main steam

Main Steam จะไหลเข้าสู่ Turbine เมื่อผ่าน Turbine Blade ชุดสุดท้ายแล้วจะไหลเข้า Turbine Condenser ซึ่งจะกลั่นตัวเป็นน้ำรวมอยู่ภายใน Condenser Hotwell เพื่อนำกลับมาใช้อีก

ในโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ Turbine จะมีมากกว่า 1-Cylinder ดังนั้นเมื่อ Main Steam ไหลผ่าน High Pressure Turbine แล้ว ทั้งอุณหภูมิตลอดจนความดันจะลดลงอย่างมาก เพื่อเป็นการเพิ่มพลังความร้อนแก่ไอน้ำ ไอน้ำจะไหลออกจาก High Pressure Turbine เรียกว่า Cold Reheat Steam แล้วไหลย้อนเข้า boiler บริเวณเหนือ Economizer Tube เข้าสู่ Reheater Tube เพื่อรับความร้อนที่บริเวณ Convection Zone โดยที่จะได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นจาก การพาความร้อนของ Flue Gas

เมื่อไอน้ำไหลผ่าน Reheater Tube แล้ว อุณหภูมิจะสูงขึ้นใกล้เคียงกับอุณหภูมิของ Main Steam ไอน้ำนี้จะไหลออกจาก Boiler และมีชื่อเรียกว่า Hot Reheat Steam จะไหลกลับเข้าสู่ Intermediate Pressure Turbine แล้วผ่านต่อไปเข้า Low Pressure Turbine ก่อนที่ลงสู่ Condenser

เนื่องจากอุณหภูมิของ Main Steam และ Hot Reheat Steam จะต้องมีค่าคงที่ ดังนั้นที่บริเวณระหว่าง Primary และ Secondary Superheater จะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า Attemperator หรือ Desuperheater เพื่อ spray น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำจำนวนเล็กน้อยให้ปนกับไอน้ำ เพื่อควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกินขีดกำหนด สำหรับที่ Reheater Tube ก็เช่นกัน จะมีการใช้ Desuperheater เพื่อควบคุมอุณหภูมิของ Hot Reheat Steam ให้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ที่ Boiler Drum ตลอดจน line ของ Main Steam Cold reheat และ Hot Reheat จะมีการติดตั้ง Safety Valve เพื่อช่วยลดความดันของไอน้ำให้อยู่ในขีดกำหนดเมื่อความดันสูงเกินขนาด

สำหรับ Main Steam Line จะมี Electromotive Relief Valve ซึ่งเปิดหรือปิดด้วย Motor และสามารถใช้งานได้ด้วย switch ซึ่งอยู่ภายใน Control Room และ Valve นี้ เรียกย่อๆ ว่า E.R.V

Cooling Water System

จากความสำคัญของ Cooling Water คือใช้สำหรับถ่ายเทความร้อนออกจากไอน้ำและน้ำในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนจะใช้ Cooling Water เพื่อถ่ายเทความร้อนออกจากไอน้ำที่ Turbine Condenser เพื่อให้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำซึ่งจะสามารถนำกลับมาใช้งานได้อีก

นอกจากนี้ยังนำ Cooling Water ไปใช้ที่อุปกรณ์ระบายความร้อนของอุปกรณ์ต่างๆ เช่นที่น้ำมันหล่อลื่นของ Forced Draft Fan , Air Compressor หรือที่ Hydrogen Cooler ของ Generator เป็นต้น

Open Circuit เป็นวิธีที่ใช้ในโรงไฟฟ้านี้ซึ่งจะมีการ Pump น้ำจากแหล่งน้ำ เช่นน้ำจากแม่น้ำ โดยใช้ Circulating Water Pump ซึ่งติดตั้งอยู่ที่บริเวณ Intake ซึ่งอยู่ริมแม่น้ำ น้ำจะไหลผ่าน Traveling Screen เพื่อแยกเศษขยะออกก่อนแล้วจึงไหลผ่าน Pump เข้าสู่ส่วนที่เรียกว่า Water Boxes ของ Turbine Condenser และ Auxiliary Cooling water Heat-exchanger หลังจากนั้นน้ำจะไหลออกทาง Outlet Water Boxes ผ่านออกทาง Outfall แล้วกลับลงสู่แม่น้ำอีก

Cooling Tower ที่ใช้งานในโรงไฟฟ้า คือ

Natural Draft วิธีนี้จะให้น้ำที่ spray ให้ตกผ่านตะแกรงสวนทางกับอากาศที่ไหลย้อนขึ้นด้วยความเร็วซึ่งเกิดจากการออกแบบโครงสร้าง Cooling Tower

สำหรับ Turbine Condenser ที่ใช้งานในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนโดยทั่วไปจะเป็น Surface Condenser ซึ่งจะมีท่อขนาดเล็กจำนวนมากสอดผ่าน Condenser เพื่อเป็นทางผ่านของ Cooling Water เมื่อไอน้ำไหลผ่าน Blade ชุดสุดท้ายของ Turbine แล้ว เมื่อไอน้ำไหลลง Condenser จะผ่านท่อน้ำเหล่านี้ไอน้ำจะคายความร้อนและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำตกลงสู่ Condenser Hotwell

ขณะที่น้ำกลั่นตัวเป็นหยดน้ำนั้น specific volume ของน้ำจะต่ำกว่าของไอน้ำอย่างมาก ทำให้เกิดช่องว่างภายใน Condenser ผลก็คือ ความดันภายใน Turbine Condenser ได้สะดวกขึ้นนั่นคือจะทำให้ประสิทธิภาพของ Turbine สูงขึ้น

Extraction Steam System

Extraction system คือ ไอน้ำที่แยกออกมาจากช่วง Stage ต่างๆ ของ Turbine ไอน้ำเหล่านี้จะนำไปใช้ที่ Feed Water Heater ชุดต่างๆ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำก่อนเข้า Boiler ให้สูงขึ้นเป็นลำดับซึ่งนอกจากจะเป็นการเพิ่มค่าของประสิทธิภาพของวงจรไอน้ำแล้ว ยังเป็นการลด Thermal Stress ที่เกิดกับ Tube ของ boiler อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากจะนำเอา Extraction systemไปใช้ที่บริเวณ Feed Water Heater แล้วยังมีการนำ Extraction System บางส่วนไปหมุน Turbine Driven Boiler Feed Pump หรืออาจนำไปอุ่นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ Fuel Oil Heater

Air and Gas Flow System

ความสำคัญของอากาศที่ใช้ในโรงไฟฟ้าพลังความร้อน คือ ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิง

อากาศจะถูกดูดจากภายนอกโดย Force Draft Fan แล้วส่งเข้าสู่ Combustion Chamber Furnace เมื่อมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะเกิดแก๊สร้อนหรือ Flue Gas ซึ่งจะลอยตัวผ่านชุดของ Superheater Tube Reheater Tube และ Economizer Tube จนกระทั่งออกสู่บรรยากาศภายนอกทางปล่องหรือ Stack ต่อไป

อุปกรณ์หลักของระบบนี้ ได้แก่

Force Draft Fan ใช้สำหรับดูดอากาศสำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ Boiler Furnace

- Induce Draft Fan ใช้สำหรับดูด Flue Gas ส่งออกทาง Stack

- Gas Recirculation Fan เป็นอุปกรณ์สำหรับดึง Flue Gas ก่อนออกทาง Stack เพื่อส่งย้อนเข้าทางด้านล่างของ Boiler โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยเพิ่มอุณหภูมิของ Superheated Steam ในช่วง Load ต่ำ ๆ

- Air Heater ใช้สำหรับอุ่นอากาศก่อนเข้า Boiler Furnace เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการเผาไหม้ให้ดีขึ้น และอาจแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

- Tubular Air Heater หลักการทำงาน จะให้ Steam หรือ Flue Gas ไหลผ่านไปตามท่อเพื่อถ่ายเทความร้อนให้แก่อากาศที่ไหลผ่านภายนอกรอบ ๆ ท่อ

- Regenerative Air Heater มีลักษณะเป็นdrum ซึ่งประกอบด้วยรังผึ้งโลหะ Drum จะหมุนผ่านช่องทางผ่านของ Flue Gas และรับความร้อนมาถ่ายให้อากาศเมื่อหมุนผ่านทางไหลของอากาศ

- Soot Blower ใช้สำหรับขจัดเขม่าออกจาก Superheater และ Reheater Tube ลักษณะของ Soot Blower จะเป็นท่อยาวซึ่งเคลื่อนที่เข้าออกจากBoiler ได้ขณะใช้งาน โดยท่อจะหมุนรอบตัวและพ่นอากาศ หรือไอน้ำเพื่อเป่าเขม่าที่เกาะอยู่บน Superheaer และ Reheater Tube

สำหรับ Regenerative Air Heater จะมี Soot Blower เพื่อขจัดเขม่าที่เกาะอยู่บน Elements เช่นกัน

- Precipitator โดยทั่วไปจะใช้เมื่อใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงเพื่อจับเขม่าที่ปนมากับ Flue Gas ก่อนที่จะออกไปทางปล่อง Precipitator ทั่ว ๆ ไป จะใช้ประจุไฟฟ้าสถิตย์เป็นตัวจับเขม่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม

2.4.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม

คอมพิวเตอร์ช่วยอบรมเรียกกันว่า CAI (Computer Assisted Instruction) หมายถึง การเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งบทเรียนลักษณะนี้ภายหลังจากเรียนบทเรียนแล้ว สิ่งที่ผู้เรียนได้รับก็คือ ความรู้และความทรงจำ ส่วนบทเรียนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความสามารถ เกิดทักษะนำไปปฏิบัติได้นั้น เรียกว่า CBT (Computer Based Training) ซึ่ง หมายถึง การสอนที่เน้นให้มีการฝึกหัดโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นหลัก (สุพิทย์ กาญจนพันธ์. 2541:52)

2.4.2 ประโยชน์การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยอบรมในการเรียนการสอน

สมชาย ศรีสกุลเดียว (2545:10)

1 ทำให้ผู้เรียนเกิดความสามารถสร้างงานได้ตามเกณฑ์จากการฝึกปฏิบัติในขณะที่เรียนบทเรียนในแต่ละเรื่อง

2 ทำให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนการสอนมากขึ้น ก่อให้เกิดความสนใจและกระตือรือร้นมากขึ้น

3 ทำให้ผู้เรียนสามารถเลือกบทเรียนและวิธีการเรียนได้หลายรูปแบบ ทำให้ไม่เบื่อหน่าย เช่น ถ้าเบื่อการอ่านหนังสือ หรือฟังคำบรรยาย ก็เปลี่ยนกิจกรรมเป็นอย่างอื่น โดยใช้คอมพิวเตอร์ได้

4 ทำให้ไม่ต้องมีการท่องจำ

5 ทำให้สามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงการเรียนการสอนได้เหมาะสมกับความต้องการของนักศึกษาแต่คน

6 ทำให้ผู้เรียนมีอิสระในการที่จะเรียน ไม่ต้องคอยเพื่อนร่วมชั้น และครูอาจารย์จะใช้คอมพิวเตอร์เมื่อไรก็ทำได้อย่างอิสระ

7 ทำให้ผู้เรียนสามารถสรุปหลักการ เพื่อหาสาระของบทเรียนได้สะดวกรวดเร็วขึ้น

2.4.3 รูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

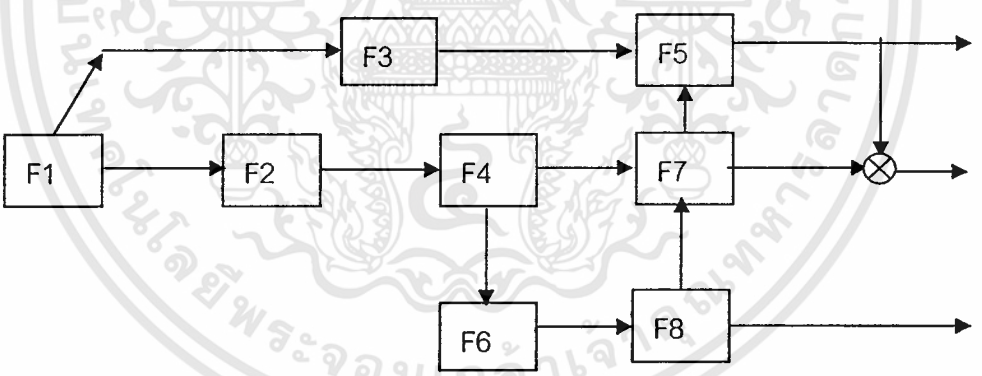
ครรชิต มาลัยวงศ์ (2531:69~123) กล่าวถึง ประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในลักษณะของความสามารถเฉพาะบุคคลว่า "CAI" ใช้หลักการที่เรียก Individualized Learning นักเรียนสามารถเรียนได้ช้าหรือเร็วเท่ากับความสามารถตนเองไม่ต้องเสียเวลารอคอยไปด้วยกันทั้งชั้น และผู้เรียนจะได้เรียนบทเรียนเหมือนกันทุกอย่าง เป็นการรักษาคุณภาพของการสอนและสามารถกำหนดได้แน่นอนว่าผู้เรียนผ่านวิชานั้นๆ ไปแล้วจะเร็วเร็วอะไรบ้าง โดยการสร้างบทเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์แบบ พื้นฐานจะนำเสนอต่อผู้เรียนมี 2 รูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทเรียนโปรแกรมแบบเชิงเส้น บทเรียนจะประกอบด้วยกรอบ ซึ่งแบ่งเป็นหน่วยเล็กๆ จากง่ายไปหายาก ผู้เรียนทุกคนจะได้เห็นข้อความเดียวกันตามลำดับเหมือนกันตอบคำถามเดียวกันผู้เรียนจะต้องเรียนจากกรอบแรกก้าวไปตามลำดับ จนถึงกรอบสุดท้ายจะข้ามกรอบใดกรอบหนึ่งไม่ได้ สิ่งที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนกรอบต่างๆไป บทเรียนชนิดนี้มักจะให้ผู้เรียนตอบคำถามว่าถูกหรือผิด หรืออาจจะเป็นการเติมคำ หรือข้อความลงในช่องว่าง โดยทั่วไปการจัด CAI แบ่งเป็นกรอบเสมือนสไลด์โชว์ ซึ่งอาจจะผสมกับข้อความก็ได้มองเห็นเป็นกรอบๆ ลักษณะของบทเรียนเชิงเส้น อาจแยกออกเป็นหลายบทได้ดังแสดงในภาพที่ 2.7

รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างของบทเรียนโปรแกรมแบบเชิงเส้น

2. บทเรียนโปรแกรมแบบไม่เชิงเส้นบทเรียนชนิดนี้คำนึงถึงความแตกต่าง และความผิดของแต่ละคนเป็นสำคัญ โดยให้มีการทดสอบผู้เรียนเพื่อหาระดับของผู้เรียน เพื่อที่จะเลือกบทเรียนให้เหมาะสมการจัดกรอบของบทเรียนจะต้องมีการกำหนดเชื่อมโยงระหว่างกรอบอย่างเหมาะสมเจาะเป็นเน็ตเวิร์กตามความสามารถของการเรียนรู้ ดังแสดงในภาพที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างของบทเรียนโปรแกรมแบบไม่เชิงเส้น

2.4.4 โปรแกรมสำหรับสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จำแนกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ระบบนิพนธ์บทเรียน (Authoring System) โปรแกรมระบบนี้เขียนและพัฒนาขึ้นด้วยผู้ชำนาญการ และผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านการเขียนโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งออกแบบไว้สำหรับสร้างและนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม โดยเฉพาะดังนั้นการใช้งานจึงง่ายและสะดวกต่อผู้ใช้ที่ไม่มีทักษะทางด้านการเขียนโปรแกรม เพื่อสร้างบทเรียนก่อนหน้านี้เป็นเรื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สร้างปัญหาในการใช้ภาษาไทยมาก เนื่องจากได้มีการประยุกต์ใช้ภาษาไทยกับระบบปฏิบัติการของเครื่องคอมพิวเตอร์ถึงแม้ว่าจะยังไม่มีมาตรฐานรองรับ แต่ก็เป็นที่ยอมรับได้

2. ระบบการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทั่วไปๆไป ได้แก่ PC Story Board Show Partner , Paint Brush, Fat vision เป็นต้น เพื่อใช้ในการสร้างและพัฒนาบทเรียน ซึ่งมีข้อจำกัดและความสมบูรณ์ในหลายด้าน เนื่องจากเป็นโปรแกรมสำหรับสร้างภาพทั่วๆ ไป เหมาะสำหรับการสร้างภาพเพื่อนำเสนอมากกว่าที่จะเป็นการโต้ตอบบทเรียน

2.4.5 ประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การจำแนกประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ถ้าจำแนกประเภทตามวิธีการและลักษณะของการใช้ในการเรียนการสอน จะจำแนกได้ 5 ประเภท คือ (นงนุช วรรณธนวหะ 2535:3)

1. แบบศึกษาเนื้อหาใหม่ (Tutorial)
2. แบบฝึกทบทวน (Drill and Practice)
3. แบบสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation)
4. แบบเกมการสอน (Instructional Game)
5. แบบทดสอบ (Test)

2.4.6 การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม

2.4.6.1 สุกรี รอดโพธิ์ทอง (2535:4–7) ได้เสนอเทคนิคการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาเนื้อหาใหม่ (Tutorial) โดยเน้นการผสมผสานของกราฟิก สี ภาพเคลื่อนไหว การเปรียบเทียบการให้ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมการให้ข้อมูลย้อนกลับที่เป็นภาพ ฯลฯ ขั้นตอนออกแบบนี้ดัดแปลงมาจากกระบวนการเรียนการสอน 9 ขั้นของ Gagne ดังนี้

(1) การเร้าความสนใจให้พร้อมที่จะเรียน (Gain Attention) ทำได้โดยการใช้ภาพ สี และ/ หรือเสียงประกอบในการสร้างไตเติล (Title) ภาพควรค้างอยู่บนจอจนกว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนภาพ ในกราฟิกควรบอกชื่อเรื่องที่จะเรียน แสดงบนจอได้เร็วและเหมาะสมกับวัยของผู้เรียนด้วย

(2) บอกวัตถุประสงค์ของการเรียน (Define Objectives) ในขั้นนี้นอกจากจะทำให้ผู้เรียนรู้ล่วงหน้าถึงประเด็นสำคัญของเนื้อหาแล้ว ยังเป็นการบอกถึงเค้าโครงของเนื้อหาเพื่อให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพขึ้น โดยทั่วไปไม่ควรกำหนดวัตถุประสงค์หลายข้อเกินไป ถ้าเป็นบทเรียนใหญ่ควรมีวัตถุประสงค์กว้างๆต่อด้วยเมนู (Menu) แล้วจึงมีวัตถุประสงค์ย่อยปรากฏบนจอที่ละข้อ โดยใช้กราฟิกง่ายๆ และการเคลื่อนไหวเข้าช่วย

(3) ทบทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge) เป็นการประเมินความรู้เดิมเตรียมผู้เรียน การทบทวนไม่จำเป็นต้องเป็นต้องเป็นการทดสอบเสมอไป

(4) ให้เนื้อหาและความรู้ใหม่ (Present New Information) ควรใช้ภาพประกอบกับเนื้อหาที่กะทัดรัด ง่ายและได้ใจความ ออกแบบโปรแกรมในส่วนของเนื้อหา ควรคำนึงถึงด้วยว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรใช้ภาพประกอบเฉพาะ ส่วนเนื้อหาที่สำคัญอาจใช้กราฟิกในลักษณะต่างๆ แต่ไม่ควรใช้กราฟิกที่ยาก ควรจัดรูปแบบให้น่าอ่าน ควรเสนอกราฟิกเท่าที่จำเป็นและไม่ควรใช้สีเกิน 3 สี

(5) แสดงความสัมพันธ์ของเนื้อหา (Guide Learning) การนำเสนอเนื้อหาดีและสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมของผู้เรียนและควรแสดงให้เห็นว่า ส่วนย่อยมีความสัมพันธ์กับส่วนใหญ่และสิ่งใหม่มีความสัมพันธ์กับความรู้เดิมของผู้เรียน

(6) กระตุ้นการตอบสนอง (Elicit Response) ในขั้นนี้เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนร่วมคิดร่วมกิจกรรม ซึ่งทำให้ผู้เรียนจำเนื้อหาได้ดี

(7) ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback) บทเรียนจะกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนได้มากถ้าบทเรียนท้าทายผู้เล่น โดยบอกจุดหมายที่ชัดเจนและให้ผลย้อนกลับ เพื่อบอกว่าผู้เรียนอยู่ตรงไหน ห่างจากเป้าหมายเท่าใด

(8) ทดสอบ (Assess Performance) เพื่อเป็นการประเมินผลการเรียนและให้ผู้เรียนสามารถจำได้ ควรคำนึงถึงด้วยว่าแบบทดสอบควรตรงกับจุดประสงค์ของบทเรียน ข้อทดสอบ คำตอบ และข้อมูลย้อนกลับควรอยู่บนเฟรมเดียวกันและ ขึ้นต่อเนื่องกันอย่างรวดเร็วไม่ควรให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบยาวเกินไป

(9) การนำความรู้ไปใช้ (Promote Retention and Transfer) ควรให้ผู้เรียนทราบว่าความรู้ใหม่ แนวคิดสำคัญเสนอแนะสถานการณ์ที่ความรู้ใหม่อาจทำประโยชน์ได้และบอกผู้เรียนถึงแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อเนื่อง

2.4.6.2 ทฤษฎีการเรียนรู้และรูปแบบการสอนของ Gagne

หลักการเรียนการสอนพื้นฐาน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ตามขั้นตอนการออกแบบต่อไปนี้ โดยประยุกต์มาจากกระบวนการเรียนการสอน 9 ขั้นตอนของ Gagne คือ รูปแบบการสอนของโรเบิร์ต กาเย่ แนวความคิดของกาเย่ เพื่อให้ได้บทเรียนที่เกิดจากการออกแบบในลักษณะการเรียนการสอนจริง โดยยึดหลักการนำเสนอเนื้อหาและจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์หลักการสอนทั้ง 9 เหตุการณ์ได้แก่

1. เร่งเร้าความสนใจ (Gain Attention)
2. บอกวัตถุประสงค์ (Specify Objective)
3. ทบทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knoeledge)
4. นำเสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information)
5. ชี้แนะแนวทางการเรียนรู้ (Guide Learning)
6. กระตุ้นการตอบสนองบทเรียน (Elicit Response)
7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback)
8. ทดสอบความรู้ใหม่ (Assesee Performance)
9. สรุปและนำไปใช้ (Review and Transfer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

1. เร่งเร้าความสนใจ (Gain Attention)

ก่อนที่จะเริ่มการนำเสนอเนื้อหาบทเรียน ควรมีการจูงใจและเร่งเร้าความสนใจให้ผู้เรียนอยากเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงควรเริ่มด้วยการใช้ภาพ แสง สี เสียง หรือใช้สื่อประกอบกันหลายๆ อย่าง โดยสื่อที่สร้างขึ้นมานั้นต้องเกี่ยวข้องกับเนื้อหาและน่าสนใจ ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อความสนใจของผู้เรียน นอกจากเร่งเร้าความสนใจแล้ว ยังเป็นการเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนพร้อมที่จะศึกษาเนื้อหาต่อไปในตัวอีกด้วย ตามลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การเร่งเร้าความสนใจในขั้นตอนแรกนี้ก็คือ การนำเสนอบทนำเรื่อง(Title) ของบทเรียนนั่นเอง ซึ่งหลักสำคัญประการหนึ่งของการออกแบบในส่วนนี้คือ ควรให้สายตาของผู้เรียนอยู่ที่จอภาพ โดยไม่พะวงอยู่ที่แป้นพิมพ์หรือส่วนอื่นๆแต่ถ้าบทนำเรื่องดังกล่าว ต้องการตอบสนองจากผู้เรียนโดยการปฏิสัมพันธ์ผ่านทางอุปกรณ์ป้อนข้อมูล ก็ควรเป็นการตอบสนองที่ง่ายๆ เช่น กดแป้น Spacebar คลิกเมาส์ หรือกดแป้นพิมพ์ตัวใดตัวหนึ่งเป็นต้น สิ่งที่ต้องพิจารณาเพื่อเร่งเร้าความสนใจของผู้เรียนมีดังนี้

1.1 เลือกใช้ภาพกราฟฟิกที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา เพื่อเร่งเร้าความสนใจส่วนของบทนำเรื่อง โดยมีข้อพิจารณาดังนี้

1.2 ใช้ภาพกราฟฟิกที่มีขนาดใหญ่ชัดเจน ง่ายและไม่ซับซ้อน

1.3 ใช้เทคนิคการนำเสนอที่ปรากฏภาพได้เร็ว เพื่อไม่ให้ผู้เรียนเบื่อ

1.4 ควรให้ภาพปรากฏบนจอภาพระยะหนึ่งจนกระทั่งผู้เรียนกดแป้นพิมพ์ใดๆ จึงเปลี่ยนไปสู่เฟรมอื่นๆ เพื่อสร้างความคุ้นเคยให้กับผู้เรียน

1.5 เลือกใช้ภาพกราฟฟิก ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาระดับความรู้ และเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน

1.6 ใช้ภาพเคลื่อนไหว หรือใช้เทคนิคการนำเสนอภาพผลพิเศษเข้าช่วยเพื่อแสดงการเคลื่อนไหวของภาพ แต่ควรใช้เวลาสั้นๆและง่าย

1.7 เลือกใช้สีที่ตัดกับฉากหลังอย่างชัดเจน โดยเฉพาะสีเข้ม

1.8 เลือกใช้เสียงที่สอดคล้องกับภาพกราฟฟิกและเหมาะสมกับเนื้อหาบทเรียน

1.9 ควรบอกชื่อเรื่องบทเรียนไว้ด้วยในส่วนของบทนำเรื่อง

2. บอกวัตถุประสงค์ (Specify Objective)

วัตถุประสงค์ของบทเรียน นับว่าเป็นส่วนสำคัญยิ่งต่อกระบวนการเรียนรู้ ที่ผู้เรียนจะได้ทราบถึงความคาดหวังของบทเรียนจากผู้เรียนจะทราบถึงพฤติกรรมขั้นสุดท้ายของตนเองหลังจบบทเรียนแล้ว จะยังเป็นการแจ้งให้ทราบล่วงหน้าถึงประเด็นสำคัญของเนื้อหารวมทั้งเค้าโครงของเนื้อหาอีกด้วย การที่ผู้เรียนทราบถึงขอบเขตของเนื้อหาอย่างคร่าวๆ จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถผสมผสานแนวคิดในรายละเอียด หรือส่วนย่อยของเนื้อหาให้สอดคล้องและสัมพันธ์กับเนื้อหาในส่วนใหญ่ได้ ซึ่งมีผลทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น นอกจากจะมีผลดังกล่าวแล้วผลการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังพบด้วยว่า ผู้เรียนที่ทราบวัตถุประสงค์ของการเรียนก่อนเรียนบทเรียนจะสามารถจำและเข้าใจในเนื้อหาได้ดีขึ้นอีกด้วย

วัตถุประสงค์บทเรียนจำแนกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ วัตถุประสงค์ทั่วไปและวัตถุประสงค์เฉพาะหรือวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม การบอกวัตถุประสงค์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมักกำหนดเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื่องจากเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื่องจากเป็นวัตถุประสงค์ที่ชี้เฉพาะสามารถวัดได้และสังเกตได้ซึ่งง่ายต่อการตรวจวัดผู้เรียนในขั้นสุดท้ายอย่างไรก็ตามวัตถุประสงค์ทั่วไป ก็มีความจำเป็นที่จะต้องแจ้งให้ผู้เรียนทราบถึงเค้าโครงเนื้อหาแนวกว้างๆ เช่นกัน สิ่งที่ต้องพิจารณาในการบอกวัตถุประสงค์บทเรียนมีดังนี้

2.1 บอกวัตถุประสงค์โดยเลือกใช้ประโยคสั้นๆ แต่ได้ใจความ อ่านแล้วเข้าใจไม่ต้องแปลความอีกครั้ง

2.2 หลีกเลี่ยงการใช้คำที่ยังไม่เป็นที่รู้จัก และเป็นที่เข้าใจของผู้เรียนโดยทั่วไป

2.3 ไม่ควรกำหนดวัตถุประสงค์หลายข้อเกินไป เนื้อหาแต่ละส่วนๆซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดความสับสน หากมีเนื้อหามาก ควรแบ่งบทเรียนออกเป็นหัวเรื่องย่อยๆ

2.4 ควรบอกการนำไปใช้งานให้ผู้เรียนทราบด้วยว่า หลังจากจบบทเรียนแล้วจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทำอะไรได้บ้าง

2.5 ถ้าบทเรียนนั้น ประกอบด้วยบทเรียนย่อยหลายหัวเรื่อง ควรบอกทั้งวัตถุประสงค์ทั่วไป และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยบอกวัตถุประสงค์ทั่วไปในบทเรียนหลักและตามด้วยรายการให้เลือก วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละบทเรียนย่อยๆ

2.6 อาจนำเสนอวัตถุประสงค์ให้ปรากฏบนจอภาพทีละข้อๆ ก็ได้แต่ควรคำนึงถึงเวลาการนำเสนอให้เหมาะสมหรืออาจให้ผู้เรียนกดแป้นพิมพ์เพื่อศึกษาวัตถุประสงค์ต่อไปที่ละข้อ

2.7 เพื่อให้การนำเสนอวัตถุประสงค์น่าสนใจยิ่งขึ้น อาจใช้กราฟฟิกง่ายๆ เข้าช่วย เช่น ตีกรอบ ใช้ลูกศร และใช้รูปทรงเรขาคณิต แต่ไม่ควรใช้การเคลื่อนไหวเข้าช่วย โดยเฉพาะกับหนังสือ

3. ทบทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge)

การทบทวนความรู้เดิมก่อนที่จะนำเสนอความรู้ใหม่แก่ผู้เรียน มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาวิธีการประเมินความรู้ที่จำเป็นสำหรับบทเรียนใหม่เพื่อไม่ให้ผู้เรียนเกิดปัญหาในการเรียนรู้วิธีปฏิบัติโดยทั่วไปสำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก็คือ การทดสอบก่อนบทเรียน (Pre-test) ซึ่งเป็นการประเมินความรู้ของผู้เรียน เพื่อทบทวนเนื้อหาเดิมที่เคยศึกษาผ่านมาแล้วและเพื่อเตรียมความพร้อมในการรับเนื้อหาใหม่ นอกจากจะเป็นการตรวจวัดความรู้พื้นฐานแล้วบทเรียนบางเรื่องอาจใช้ผลจากการทดสอบก่อนบทเรียนมาเป็นเกณฑ์ จัดระดับความสามารถของผู้เรียนเพื่อจัดบทเรียนให้ตอบสนองต่อระดับความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนแต่ละคน แต่อย่างไรก็ตาม ในขั้นการทบทวนความรู้เดิมนี้ไม่จำเป็นต้องเป็นการทดสอบเสมอไป หากเป็นบทเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นเป็นชุดบทเรียนที่เรียนต่อเนื่องกันไปตามลำดับการทบทวนความรู้เดิมอาจอยู่ในรูปแบบของการกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดย้อนหลังถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้มาก่อนหน้านี้ก็ได้ การกระตุ้นดังกล่าวอาจแสดงด้วยคำพูด คำเขียน ภาพ หรือ ผสมผสานกันแล้วแต่ความเหมาะสม ปริมาณมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับเนื้อหา ตัวอย่างเช่น การนำเสนอเนื้อหาเรื่องการต่อตัวต้านทานแบบผสม ถ้าผู้เรียนไม่สามารถเข้าใจวิธีการหาความต้านทานรวม กรณีนี้ควรจะมีวิธีการวัดความรู้เดิมของผู้เรียนก่อนว่ามี ความเข้าใจเพียงพอที่จะคำนวณหาค่าต่างๆในแบบผสมหรือไม่ ซึ่งจำเป็นต้องมีการทดสอบก่อน ถ้าพบว่าผู้เรียนไม่เข้าใจวิธีการคำนวณ บทเรียนต้องชี้แนะ ให้ผู้เรียนกลับไปศึกษาเรื่องการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและแบบขนานก่อน หรืออาจนำเสนอบทเรียนย่อยเพิ่มเติมเรื่องดังกล่าว เพื่อเป็นทบทวนก่อนก็ได้ สิ่งที่จะต้องพิจารณาในการทบทวนความรู้เดิม มีดังนี้

3.1 ควรมีการทดสอบความรู้พื้นฐานหรือนำเสนอเนื้อหาเดิมที่เกี่ยวข้อง เพื่อเตรียมความพร้อมผู้เรียนในการเข้าสู่เนื้อหาใหม่ โดยไม่ต้องคาดเดาว่าผู้เรียนมีพื้นความรู้เท่ากัน

3.2 แบบทดสอบต้องมีคุณภาพ สามารถแปลผลได้ โดยวัดความรู้พื้นฐานที่จำเป็นกับการศึกษาเนื้อหาใหม่เท่านั้น มิใช่แบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแต่อย่างใด

3.3 การทบทวนเนื้อหาหรือการทดสอบ ควรใช้เวลาสั้นๆ กระชับและตรงตามวัตถุประสงค์ของบทเรียนมากสุด

3.4 ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนออกจากเนื้อหาใหม่ หรือออกจากการทดสอบเพื่อไปศึกษาทบทวนได้ตลอดเวลา

3.5 ถ้าบทเรียนไม่มีการทดสอบความรู้พื้นฐานเดิม บทเรียนต้องนำเสนอวิธีการกระตุ้นให้ผู้เรียนย้อนกลับไปคิดถึงสิ่งที่ศึกษาผ่านมาแล้ว หรือสิ่งที่มีประสบการณ์ผ่านมาแล้ว โดยอาจใช้ภาพประกอบในการกระตุ้นให้ผู้เรียนย้อนคิด จะทำให้บทเรียนน่าสนใจยิ่งขึ้น

4. นำเสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information)

หลักสำคัญในการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก็คือ ควรนำเสนอภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ประกอบกับคำอธิบายสั้นๆ ง่าย แต่ได้ใจความ การใช้ภาพประกอบ จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้น และมีความคงทนในการจำได้ดีกว่าการใช้คำอธิบายเพียงอย่างเดียว โดยหลักการที่ว่าภาพจะช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้ง่ายต่อการรับรู้แม้ในเนื้อหาบางช่วงจะมีความยากในการที่จะคิดสร้างภาพประกอบ แต่ก็ควรพิจารณาวิธีการต่างๆ ที่จะนำเสนอด้วยภาพให้ได้ แม้จะมีจำนวนน้อย แต่ก็ยังดีกว่าคำอธิบายเพียงคำเดียว ภาพที่ใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจำแนกออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ภาพนิ่ง ได้แก่ ภาพลายเส้น ภาพ 2 มิติ ภาพ 3 มิติภาพถ่ายของจริง แผนภาพ แผนภูมิ และกราฟ อีกส่วนหนึ่งได้แก่ภาพเคลื่อนไหว เช่น ภาพวิดิทัศน์ ภาพจากแหล่งสัญญาณดิจิตอลต่างๆ เช่นจากเครื่องเล่นภาพโฟโต้ซีดี เครื่องเล่นเลเซอร์ดิสก์กล้องถ่ายภาพวิดิทัศน์ และภาพจากโปรแกรมสร้างภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น อย่างไรก็ตามการใช้ภาพประกอบเนื้อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจไม่ได้ผลเท่าที่ควร หากภาพเหล่านั้นมีรายละเอียดมากเกินไป ใช้เวลามากไปในการปรากฏบนจอภาพ ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ซับซ้อนเข้าใจยาก และไม่เหมาะสมในเหมาะสมในเรื่องเทคนิคการออกแบบ เช่น ขาดความสมดุลย์ องค์ประกอบภาพไม่ดี เป็นต้น ดังนั้นการเลือกภาพที่ใช้ในการนำเสนอเนื้อหาใหม่ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จึงควรพิจารณาในประเด็นต่างๆ ดังนี้

4.1 เลือกใช้ภาพประกอบการนำเสนอเนื้อหาให้มากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นเนื้อหาสำคัญๆ

4.2 เลือกใช้ภาพเคลื่อนไหว สำหรับเนื้อหาที่ยากและซับซ้อนที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นลำดับขั้น หรือเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

4.3 ใช้แผนภูมิ แผนภาพ แผนสถิติ สัญลักษณ์ หรือภาพเปรียบเทียบ ในการนำเสนอเนื้อหาใหม่แทนข้อความคำอธิบาย

4.4 การเสนอเนื้อหาที่ยากและซับซ้อน ให้เน้นในส่วนของข้อความสำคัญ ซึ่งอาจใช้การขีดเส้นใต้ การตีกรอบ การกระพริบ การเปลี่ยนสีพื้น การโยงลูกศร การใช้สี หรือการชี้แนะด้วยคำพูด เช่น สังเกตที่ด้านขวาของภาพเป็นต้น

4.5 ไม่ควรใช้กราฟฟิกที่เข้าใจยาก และไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา

4.6 จัดรูปแบบของคำอธิบายให้น่าอ่าน หากเนื้อหายาว ควรจัดแบ่งกลุ่มคำอธิบายให้จบเป็นตอนๆ

4.7 คำอธิบายที่ใช้ในตัวอย่าง ควรกระชับและเข้าใจได้ง่าย

4.8 หากเครื่องคอมพิวเตอร์แสดงกราฟฟิกได้ช้า ควรเสนอเฉพาะกราฟฟิกที่จำเป็นเท่านั้น

4.9 ไม่ควรใช้สีพื้นสลับไปสลับมา ในแต่ละเฟรมเนื้อหา และไม่ควรเปลี่ยนสีไปมาโดยเฉพาะสีหลักของตัวอักษร

4.10 คำที่ใช้ควรเป็นคำที่ผู้เรียนระดับนั้นๆ คุ้นเคย และเข้าใจความหมายตรงกัน

4.11 ขณะนำเสนอเนื้อหาใหม่ ควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทำอย่างอื่นบ้าง แทนที่จะให้กดแป้นพิมพ์ หรือคลิกเมาส์เพียงอย่างเดียวเท่านั้น เช่น การปฏิสัมพันธ์กับบทเรียน โดยวิธีการพิมพ์หรือตอบคำถาม

5. ชี้แนะแนวทางการเรียนรู้ (Guide Learning)

ตามหลักการและเงื่อนไขการเรียนรู้(Condition of Learning) ผู้เรียนจะจำเนื้อหาได้ดีหากมีการจัดระบบการเสนอเนื้อหาที่ดีและสัมพันธ์กับประสบการณ์เดินหรือความรู้เดิมของผู้เรียน บางทฤษฎีกล่าวไว้ว่าการเรียนรู้ที่กระจ่างชัด(Meaningful Learning)นั้นทางเดียวที่จะเกิดขึ้นได้ก็คือการที่ผู้เรียนวิเคราะห์และตีความในเนื้อหาใหม่ลงบนพื้นฐานของความรู้ และประสบการณ์เดิมรวมกันเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ ดังนั้น หน้าที่ของผู้ออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในขั้นนี้ก็คือพยายามค้นหาเทคนิคในการที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในการศึกษาความรู้ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้นยังจะต้องพยายามหาวิถีทางที่จะทำให้การศึกษาความรู้ใหม่ของผู้เรียนนั้น มีความกระจ่างชัดเท่าที่จะทำได้ เป็นต้นว่า การใช้เทคนิคต่างๆเข้าช่วย ได้แก่ เทคนิคการให้ตัวอย่าง (Example) และตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่าง (Non- example) อาจจะช่วยทำให้ผู้เรียนแยกแยะความแตกต่างและเข้าใจมโนคติของเนื้อหาต่างๆ ได้ชัดเจนขึ้นเนื้อหาบางหัวเรื่อง ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียอาจใช้วิธีการค้นพบ (Guided Discovery) ซึ่งหมายถึง การพยายามให้ผู้เรียนคิดหาเหตุผลค้นคว้า และวิเคราะห์หาคำตอบด้วยตนเอง โดยบทเรียนจะค่อยๆ ชี้แนะจากจุดกว้างๆ และแคบลงจนผู้เรียนหาคำตอบได้เอง นอกจากนั้น การใช้คำอธิบายกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดก็เป็นเทคนิคอีกประการหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในการชี้แนวทางการเรียนรู้ได้ สรุปแล้วในขั้นตอนนี้ผู้ออกแบบจะต้องยึดหลักการจัดการเรียนรู้ จากสิ่งทีมีประสบการณ์เดิมไปสู่เนื้อหาใหม่จากสิ่งที่ยากไม่สู่สิ่งที่ง่ายกว่าตามลำดับขั้น สิ่งที่ต้องพิจารณาในการชี้แนะแนวทางการเรียนในขั้นนี้ มีดังนี้

5.1 บทเรียนควรแสดงให้ผู้เรียน ได้เห็นถึงความสัมพันธ์ของเนื้อหาความรู้ และช่วยให้เห็นว่าสิ่งย่อยนั้นมีความสัมพันธ์กับสิ่งใหญ่อย่างไร

5.2 ควรแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสิ่งใหม่ กับสิ่งที่ผู้เรียนมีประสบการณ์ผ่านมาแล้วนำเสนอตัวอย่างที่แตกต่างกัน เพื่อช่วยอธิบายความคิดรวบยอดใหม่ให้ชัดเจนขึ้นเช่น ตัวอย่างการเปิดหน้ากล้องหลายๆ ค่าเพื่อให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของรูรับแสงเป็นต้น

5.3 นำแสดงตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่างที่ถูกต้อง เพื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ถูกต้อง เช่น นำเสนอภาพไม้ พลาสติก และยาง แล้วบอกว่าภาพเหล่านี้ไม่ใช่โลหะ

5.4 การนำเสนอเนื้อหาที่ยาก ควรให้ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม มากกว่านามธรรม ถ้าเป็นเนื้อหาที่ไม่ยากนักให้นำเสนอตัวอย่างจากนามธรรม

5.5 บทเรียนควรกระตุ้น ให้ผู้เรียนคิดถึงความรู้และประสบการณ์เดิมที่ผ่านมา

6. กระตุ้นการตอบสนองบทเรียน (Elicit Response)

นักการศึกษากล่าวว่า การเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดนั้นเกี่ยวข้องโดยตรงกับระดับและขั้นตอนของการประมวลผลข้อมูล หากผู้เรียนได้มีโอกาสร่วมคิด ร่วมกิจกรรมในส่วนที่เกี่ยวกับเนื้อหา และร่วมตอบคำถาม จะส่งผลให้มีความจำดีกว่าผู้เรียนที่ใช้วิธีอ่านหรือคัดลอกข้อความจากผู้อื่นเพียงอย่างเดียว บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีข้อได้เปรียบกว่าโสตทัศนูปการอื่นๆ เช่น วิดิทัศน์ ภาพยนตร์ สไลด์ เทปเสียงเป็นต้น ซึ่งสื่อการเรียนการสอนเหล่านี้จัดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ไม่ได้ (Non-interactive Media) แตกต่างจากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผู้เรียนสามารถมีกิจกรรมร่วมในบทเรียนได้หลายลักษณะ ไม่ว่าจะเป็นการตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น เลือกกิจกรรมและปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนกิจกรรมเหล่านี้เองที่ไม่ทำให้ผู้เรียนรู้สึกเบื่อหน่ายเมื่อมีส่วนร่วม ก็มีส่วนคิดนำหรือติดตามบทเรียน ย่อมมีส่วนผูกประสานให้ความจำดีขึ้นสิ่งที่ต้องพิจารณาเพื่อให้การจำของผู้เรียนดีขึ้นผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงควรปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ร่วมกระทำกิจกรรมในบทเรียนอย่างต่อเนื่อง โดยมีข้อแนะนำดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1 เสริมให้ผู้เรียนได้มีโอกาสตอบสนองต่อบทเรียน ด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งตลอดบทเรียน เช่น ตอบคำถาม ทำแบบทดสอบ ร่วมทดลองในสถานการณ์จำลองเป็นต้น

6.2 ควรให้ผู้เรียน ได้มีโอกาสในการพิมพ์คำตอบหรือเติมข้อความสั้นๆ เพื่อเรียกความสนใจ แต่ไม่ควรให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบที่ยาวเกินไป

6.3 ถามคำถามเป็นช่วงๆ สลับกับการนำเสนอเนื้อหา ตามความเหมาะสมของลักษณะเนื้อหา

6.4 เร่งเร้าความคิดและจินตนาการด้วยคำถาม เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยใช้ความเข้าใจมากกว่าการใช้ความจำ

6.5 ไม่ควรถามครั้งเดียวหลายๆ คำถาม หรือถามคำถามเดียวแต่ตอบได้หลายคำตอบ ถ้าจำเป็นควรใช้คำตอบแบบตัวเลือก

6.6 หลีกเลี่ยงการตอบสนองซ้ำหลายๆ ครั้ง เมื่อผู้เรียนตอบผิดหรือทำผิด 2-3 ครั้ง ควรตรวจปรับเนื้อหาทันที และเปลี่ยนกิจกรรมเป็นอย่างอื่นต่อไป

6.7 เฟรมตอบสนองของผู้เรียน เฟรมคำถาม และเฟรมการตรวจปรับเนื้อหา ควรอยู่บนหน้าจอภาพเดียวกัน เพื่อสะดวกในการอ้างอิง กรณีนี้อาจใช้เฟรมย่อยซ้อนขึ้นมาในเฟรมหลัก

6.8 ควรคำนึงถึงการตอบสนองที่มีข้อผิดพลาดอันเกิดจากการเข้าใจผิด เช่น การพิมพ์ตัว L กับเลข 1 ควรเคาะเว้นวรรคประโยคยาวๆ ข้อความเกินหรือขาดหายไป ตัวพิมพ์ใหญ่หรือตัวพิมพ์เล็กเป็นต้น

7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback)

ผลจากการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะกระตุ้นความสนใจจากผู้เรียนได้มากขึ้น ถ้าบทเรียนนั้นท้าทาย โดยการบอกเป้าหมายที่ชัดเจน และแจ้งให้ผู้เรียนทราบว่าขณะนั้นผู้เรียนอยู่ที่ส่วนใด ห่างจากเป้าหมายเท่าใด การให้ข้อมูลย้อนกลับดังกล่าว ถ้านำเสนอด้วยภาพจะช่วยเร่งเร้าความสนใจได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะถ้าภาพนั้นเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน อย่างไรก็ตาม การให้ข้อมูลย้อนกลับด้วยภาพหรือกราฟฟิกอาจมีผลเสียอยู่บ้างตรงที่ผู้เรียนอาจต้องการดูผลว่าหากทำผิดแล้วจะเกิดอะไรขึ้น ตัวอย่างเช่น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเกมการสอนแบบแขวนคอสำหรับการสอนคำศัพท์ภาษาอังกฤษ ผู้เรียนอาจตอบโดยการกดแป้นพิมพ์ไปเรื่อยๆ โดยไม่สนใจเนื้อหา เนื่องจากต้องการดูผลจากการแขวนคอ วิธีหลีกเลี่ยงก็คือ เปลี่ยนจากการนำเสนอภาพในทางบวก เช่น ภาพแล่นเรือเข้าหาฝั่ง ภาพขับยานสู่ดวงจันทร์ ภาพหนุเดินไปกินเนยแข็ง เป็นต้น ซึ่งจะไปถึงจุดหมายได้ด้วยการตอบถูกเท่านั้น หากตอบผิดจะไม่เกิดอะไรขึ้นอย่างไรก็ตามถ้าเป็นบทเรียนที่ใช้กับกลุ่มเป้าหมายระดับสูงหรือเนื้อหาที่มีความยาก การให้ข้อมูลย้อนกลับด้วยคำเขียนหรือกราฟจะเหมาะสมกว่า สิ่งที่ต้องพิจารณาในการให้ข้อมูลย้อนกลับ มีดังนี้

7.1 ให้ข้อมูลย้อนกลับทันที หลังจากผู้เรียน โต้ตอบกับบทเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 ควรบอกให้ผู้เรียนทราบว่าตอบถูกหรือตอบผิด โดยแสดงคำถาม คำตอบและการตรวจปรับบนเฟรมเดียวกัน

7.3 ถ้าให้ข้อมูลย้อนกลับโดยการใช้ภาพ ควรเป็นภาพที่ง่ายและเกี่ยวข้องกับเนื้อหา ถ้าไม่สามารถหาภาพที่เกี่ยวข้องได้ อาจใช้ภาพกราฟฟิกที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาก็ได้

7.4 หลีกเลี่ยงการใช้ผลทางภาพ (Visual Effects) หรือการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ตื่นตาเกินไปในกรณีที่ผู้เรียนตอบผิด

7.5 อาจใช้เสียงสำหรับการให้ข้อมูลย้อนกลับ เช่น คำตอบถูกต้อง และคำตอบผิด โดยใช้เสียงที่แตกต่างกัน แต่ไม่ควรเลือกใช้เสียงที่ก่อให้เกิดลักษณะการเหยียดหยาม หรือดูแคลนในกรณีที่ผู้เรียนตอบผิด

7.6 เฉลยคำตอบที่ถูกต้องหลังจากที่ผู้เรียนตอบผิด 2 – 3 ครั้งไม่ควรปล่อยเวลาให้เสียไป

7.7 อาจใช้วิธีการให้คะแนนหรือแสดงภาพเพื่อบอกความใกล้ ไกลจากเป้าหมายก็ได้

7.8 พยามสุ่มการให้ข้อมูลย้อนกลับ เพื่อเรียกความสนใจตลอดบทเรียน

8. ทดสอบความรู้ใหม่ (Assess Performance)

การทดสอบความรู้ใหม่หลังจากศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรียกว่า การทดสอบหลังบทเรียน (Post-test) เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียน ได้ทดสอบความรู้ของตนเอง นอกจากนี้จะยังเป็นการ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ เพื่อที่จะไปศึกษาในบทเรียนต่อไป หรือต้องกลับไปศึกษาเนื้อหาใหม่ การทดสอบหลังบทเรียนจึงมีความจำเป็นสำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทุกประเภทนอกจากจะเป็นการประเมินผลการเรียนรู้แล้ว การทดสอบยังมีผลต่อความคงทนในการจดจำเนื้อหาของผู้เรียนด้วย แบบทดสอบจึงควรถามแบบเรียงลำดับตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน ถ้าบทเรียนมีหลายหัวเรื่องย่อย อาจแยกแบบทดสอบออกเป็นส่วนๆ ตามเนื้อหา โดยมีแบบทดสอบรวมหลังบทเรียนอีกชุดหนึ่งก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าผู้ออกแบบบทเรียนต้องการแบบใด สิ่งที่ต้องพิจารณาในการออกแบบทดสอบหลังบทเรียนมีดังนี้

8.1 ชี้แจงวิธีการตอบคำถาม ให้ผู้เรียนทราบก่อนอย่างแจ่มชัด รวมทั้งคะแนนรวมคะแนนรายข้อและรายละเอียดที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เช่น เกณฑ์ในการตัดสินผลเวลาที่ใช้ในการตอบโดยประมาณ

8.2 แบบทดสอบต้องวัดพฤติกรรมตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียน และควรเรียงลำดับจากง่ายไปยาก

8.3 ข้อคำถามคำตอบ และการตรวจปรับคำตอบ ควรอยู่บนเฟรมเดียวกัน และนำเสนออย่างต่อเนื่องด้วยความรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.4 หลีกเลี่ยงแบบทดสอบแบบอัตนัยที่ให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบยาวยกเว้นข้อสอบที่ต้องการทดสอบทักษะการพิมพ์

8.5 ในแต่ละข้อ ควรมีคำถามเดียว เพื่อให้ผู้เรียนตอบครั้งเดียว ยกเว้นในคำถามนั้นมีคำถามย่อยอยู่ด้วย ซึ่งควรแยกออกเป็นหลายๆ คำถาม

8.6 แบบทดสอบควรเป็นข้อสอบที่มีคุณภาพ มีค่าอำนาจจำแนกดี ความยากง่ายเหมาะสมและมีความเชื่อมั่นเหมาะสม

8.7 อย่าตัดสินคำตอบว่าผิดถ้าการตอบไม่ชัดแจ้ง เช่น ถ้าคำตอบที่ต้องการเป็นตัวอักษรแต่ผู้เรียนพิมพ์ตัวเลข ควรบอกให้ผู้เรียนตอบใหม่ ไม่ควรชี้ว่าคำตอบนั้นผิด และไม่ควรตัดสินคำตอบว่าผิดหากผิดพลาดหรือเว้นวรรคผิด หรือใช้ตัวพิมพ์เล็กแทนที่จะเป็นตัวพิมพ์ใหญ่เป็นต้น

8.8 แบบทดสอบชุดหนึ่งควรมีหลายๆ ประเภท ไม่ควรใช้เฉพาะข้อความเพียงอย่างเดียว ควรเลือกใช้ภาพประกอบบ้าง เพื่อเปลี่ยนบรรยากาศในการสอบ

9. สรุปและนำไปใช้ (Review and Transfer)

การสรุปและนำไปใช้จัดว่าเป็นส่วนสำคัญในขั้นตอนสุดท้ายที่บทเรียนจะต้องสรุปมโนคติของเนื้อหาเฉพาะประเด็นสำคัญๆ รวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้โอกาสทบทวนความรู้ของตนเองหลังจากศึกษาเนื้อหาผ่านมาแล้ว ในขณะเดียวกัน บทเรียนต้องชี้แนะเนื้อหาที่เกี่ยวข้องหรือให้ข้อมูลอ้างอิงเพิ่มเติม เพื่อแนะแนวทางให้ผู้เรียน ได้ศึกษาต่อในบทเรียนถัดไปหรือนำไปประยุกต์ใช้กับงานอื่นต่อไป การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในขั้นนี้ มีข้อเสนอแนะดังนี้

9.1 สรุปองค์ความรู้เฉพาะประเด็นสำคัญๆ พร้อมทั้งชี้แนะให้เห็นถึงความสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนผ่านมาแล้ว

9.2 ทบทวนแนวคิดที่สำคัญของเนื้อหาเพื่อเป็นการสรุป

9.3 เสนอแนะเนื้อหาความรู้ใหม่ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

9.4 บอกผู้เรียนถึงแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาเนื้อหาต่อไป

ขั้นตอนการสอนทั้ง 9 เหตุการณ์ของ Robert Gagne เป็นมติกว้างๆ แต่ก็สามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งบทเรียนสำหรับการเรียนการสอนปกติในชั้นเรียน และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เทคนิคอีกอย่างหนึ่งในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่ใช้เป็นหลักฐานการทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึก ใกล้เคียงกับการเรียนรู้โดยผู้สอนในชั้นเรียน โดยผู้สอนในชั้นเรียนโดยปรับเปลี่ยนกระบวนการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับการใช้งานของคอมพิวเตอร์ให้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การออกแบบพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม

2.5.1 ขั้นตอนการออกแบบพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม

ในขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรมที่สร้างพัฒนาขึ้นมานั้นจะทำการสอนด้วยตัวมันเองที่สำคัญการจัดลำดับ และการโปรแกรมต้องจัดเขียนขึ้นให้มีความสัมพันธ์กัน และเกิดความต่อเนื่องให้มากที่สุด เพื่อที่จะให้บรรลุจุดประสงค์ในวิชาที่จัดเตรียมเอาไว้ ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรมได้นำแนวคิดของ(ไพโรจน์ ตีรณธนกุล และคณะ 2542 ~ 2543:8~ 15) มาเป็นข้อกำหนดในสร้างดังนี้

1. ศึกษาเนื้อหาและผู้เรียนเพื่อทราบถึงรายละเอียดของเนื้อเรื่องที่กำหนดตามหลักสูตรว่าเนื้อหาทั้งหมดเป็นอย่างไร ระดับใด ควรใช้เวลาเรียนรู้ปกติเท่าใด ผู้เรียนรู้มีพื้นฐานความรู้อย่างไร ความพร้อมทางด้านอื่นๆ ของผู้เรียนมีอะไรบ้าง

2. การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อเรื่องที่กำหนดเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องจัดเขียนขึ้นเองทั้งนี้ตามเนื้อเรื่องส่วนมากจะไม่กำหนดไว้หรืออาจมีเฉพาะ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการ หรือที่ได้จากการเขียนเนื้อหาของเรื่องนั้น

3. เรียบเรียงวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและคำถามนำร่องวัตถุเชิงพฤติกรรม ที่กำหนดขึ้นมาทั้งหมดนี้แต่ละวัตถุประสงค์จะมีความต่อเนื่องและเสริมซึ่งกัน และกันการจัดเรียบเรียงวัตถุประสงค์เหล่านี้ให้อยู่ในระบบที่ดี และกำหนดคำถามไว้ให้เหมาะสมจะเป็นการนำร่องในการสร้างบทเรียนได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

4. วิเคราะห์เนื้อหาออกเป็นหน่วยย่อยจากเนื้อหาที่พิจารณาเลือกไว้ แล้วจำเป็นต้องนำมาแยกเป็นหน่วยย่อยๆ หรือเป็นตอนสั้นๆ เรียงจากง่ายไปหายากหรือถ้าหากเนื้อหานั้นจะต้องต่อเนื่องกันเป็นลำดับไว้โดยอาศัยจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ที่ได้กำหนดไว้ในแต่ละหน่วยย่อยควรสมบูรณ์อยู่ภายในหน่วย เพื่อให้ผู้เรียนจะได้ไม่สับสน สิ่งที่จะต้องพิจารณาในขั้นนี้ คือ ในเนื้อเรื่องหนึ่งๆ นั้นควรมีหน่วยหรือตอนที่เป็นการนำเข้าสู่เนื้อหา หน่วยที่ เป็นเนื้อหาหลัก และหน่วยสรุป สำหรับหน่วยนำเข้าสู่เนื้อหา และหน่วยสรุปอาจมีเพียงหน่วยเดียว หรือสองหน่วยก็ได้ ส่วนหน่วยเนื้อหาหลัก ต้องมีจำนวนมากกว่าขึ้นอยู่กับเนื้อหาของหลักสูตร

5. การออกแบบเนื้อหานั้น ควรใช้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับรูปแบบ ของบทเรียนโปรแกรมสำเร็จรูปปกติเข้ามาประยุกต์ใช้ด้วยโดยทั่วไปแล้วเนื้อเรื่องในแต่ละตอนต้อประกอบด้วยสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

5.1 คำแนะนำหรือคำชี้แนะว่าผู้เรียนจะต้องทำอย่างไรบ้าง ในเนื้อเรื่องนี้จะต้องโต้ตอบอย่างไร คล้ายๆกับเป็นการแนะนำวิธีการเรียนนั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การทดสอบก่อนเรียนรู้ในแต่ละตอนจะต้องมีการทดสอบเพื่อที่จะได้ทราบความสามารถหรือความรู้เดิมของผู้เรียน ซึ่งผลการสอบจะได้เป็นตัวบ่งชี้ว่าผู้เรียนจะต้องเรียนเนื้อหานี้ทั้งหมด หรือเรียนรู้เพียงบางส่วน หรือข้ามไปตอนอื่นได้เลย

5.3 จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมของแต่ละคนจะต้องแจ้งให้ผู้เรียนได้ทราบเพื่อให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจก่อนเรียนว่าหลังการเรียนเนื้อหานั้นๆ แล้วผู้เรียนจะสามารถเปลี่ยนพฤติกรรมอย่างไรบ้าง

5.4 ตัวเนื้อหาในแต่ละตอน จะต้องพยายามทำเนื้อหาให้น่าสนใจครอบคลุมเรื่องที่ต้องการอธิบายให้พอเหมาะอธิบายขยายความในสิ่งที่ควรอธิบายตัดตอนบางส่วนที่ไม่สำคัญให้กระชับขึ้นหรือถ้าเป็นไปได้ เนื้อหานั้นควรช่วยให้ผู้เรียนเพลิดเพลินและอยากเรียนต่อเนื่องไปเรื่อยๆ ไม่รู้เบื่อ

5.5 แบบฝึกหัดจะเป็นสิ่งที่ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าผู้เรียนรู้ในเนื้อหานั้น อย่างถูกต้องแม่นยำแบบฝึกหัดแต่ละข้อควรให้ข้อมูลย้อนกลับทันที เพื่อเสริมแรงของการตอบสนองให้ดียิ่งขึ้น

5.6 ทบทวนบทเรียน เพื่อเน้นหรือย้ำในสิ่งที่ผู้เรียนอาจจะยังจับจุดไม่ได้หรือทำให้เกิดความคิดรวบยอดที่ถูกต้อง

5.7 ทดสอบหลังเรียนเมื่อจบเนื้อหาตอนหนึ่งๆควรให้มีการทดสอบ การทดสอบนี้ควรให้ผู้เรียนเข้าใจว่าไม่ใช่คะแนนตัดสินเรื่องสอบได้สอบตก แต่เป็นข้อมูลที่จะชี้แนะผู้เรียนว่าบรรลุวัตถุประสงค์มากน้อยแค่ไหน

6. การสร้างพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแบบเมื่อได้รูปแบบของบทเรียนแล้วขั้นต่อไปคือ ลงมือสร้างตามแบบ โดยเริ่มจาก

6.1 สร้างกรอบหรือบอร์ดเรื่องราว โดยเขียนลงบนแผ่นกระดาษ

6.2 สร้างผังการดำเนินเรื่อง (flow chart)

6.3 เขียนลำดับเนื้อหา (sequence)

7. เขียนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากแผนกภูมิและเนื้อเรื่องที่ร่างเอาไว้ในขั้นที่ 6 ก็สามารถนำมาเข้ารหัสคำสั่งคอมพิวเตอร์ได้เลย

8. ป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์เมื่อได้โปรแกรมเรียบร้อยแล้ว มาถึงขั้นนี้ก็นำโปรแกรมป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ทดลองหาคุณภาพ ในกรณีที่ได้เนื้อเรื่องเรียบร้อยสมบูรณ์แล้ว ก่อนนำไปใช้กับนักเรียนควรนำเนื้อเรื่องนั้นๆ ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการตรวจและทดลองใช้และทำการประเมินเมื่อได้รับการประเมินแล้ว อาจปรับปรุงแก้ไขจนเป็นที่น่าพึงพอใจแล้วจึงนำไปใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 โปรแกรม AUTHORWARE

โปรแกรม Authorware เป็นโปรแกรมที่มีผู้นิยมใช้ในการสร้างงาน CAI เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่ายและมีประสิทธิภาพสูงนอกจากนี้ยังมีบางสถานศึกษาที่มีการนำโปรแกรมตัวนี้มาใช้ในการเรียนการสอนด้วย

Authorware เป็นโปรแกรมนำเสนอข้อมูล คล้ายกับโปรแกรม Power Point แต่แตกต่างกันที่โปรแกรม Authorware สามารถโต้ตอบกับผู้เล่นโปรแกรมได้ตามที่ผู้สร้างกำหนด Authorware จึงเหมาะกับงานนำเสนอหลายประเภท

ลักษณะของโปรแกรม Authorware จะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ผู้สร้างผลงานกับผู้ใช้ผลงาน สำหรับผู้ใช้ไม่ยุ่งยากเพียงแต่เล่นโปรแกรม ไปตามเนื้อหาที่นำเสนอส่วนผู้สร้างโปรแกรมจะยุ่งยากและต้องใช้จินตนาการมากเพื่อวางเนื้อหาหรือนำเสนอรูปแบบอย่างมีศิลปะ และมีเทคนิคในการนำเสนอให้หน้าสนใจ หลักการของการนำเสนอของโปรแกรม Authorware คือจะมีเส้นให้ผู้สร้างวางเนื้อหาที่จะนำเสนอไปตามลำดับจากบนลงล่างถ้าเนื้อหาก็จะวางเนื้อหาจากซ้ายไปขวา เราเรียกว่าเส้น Flow Line เมื่อสร้างเสร็จแล้วในส่วนของผู้ใช้ ก็จะเล่นเนื้อหาไปตามลำดับ ตามที่ผู้สร้างกำหนดไว้ โดยไม่สามารถแก้ไข

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

ธีระพล เที่ยงธรรม (2547:บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนผ่านระบบเครื่องข่ายอินทราเน็ตวิชาคอมพิวเตอร์เบื้องต้น เรื่อง การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปไมโครซอฟท์เอ็กเซล สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาวิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคก่อสร้าง ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.29/ 82.58 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

อาจณรงค์ มโนสุทธิฤทธิ์ (2546:บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เรื่อง ความจำของคอมพิวเตอร์ และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อน และหลังเรียนกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอัสสัมชัญสมุทรปราการ จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.33/81.00 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศรัณย์ รินคำ (2548:บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อเพื่อสร้าง และหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อน และหลังเรียน กลุ่มตัวอย่าง เป็นพนักงานระดับปฏิบัติการในบริษัทซันโยเซมิคอนดักเตอร์(ประเทศไทย) จำกัดจำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.33/82.66 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ณรงค์ ตันจินซุย (2548 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้าง และหาประสิทธิภาพ ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมพนักงาน เรื่องเครื่องทดสอบไอซี Advantest Tester รุ่น T3347A VLSI และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางฝึกอบรมของผู้อบรมกลุ่มตัวอย่างเป็นพนักงานช่างเทคนิคในส่วนของการผลิตและ ช่างซ่อมบำรุงเครื่องทดสอบแผนกทดสอบ บริษัท มิลีนเนียม ไมโครเทค (ประเทศไทย) จำกัด จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่าโปรแกรม คอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมมีประสิทธิภาพโดยร้อยละ 100 ของพนักงานที่รับการฝึกอบรมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมพนักงานสามารถทำแบบทดสอบได้ คะแนนร้อยละ 94.75 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้

จิระพจน์ ประพิน (2547:บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับวิธีการใช้งานชุดฝึกไมโครโปรเซสร์ MCZ- 80/EV ในวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ รหัสวิชา 2104 – 2205 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช. 2546) และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ หลังจากนักเรียนได้ศึกษาการใช้งาน ชุดฝึกไมโครโปรเซสเซสเซอร์ MCZ-80/EV กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับ ปวช.3 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 20 คน ผลวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.42/96.00 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80

อโณทัย พุ่มสะอาด (2547:บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง วงจรสวิทช์บันได ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ รวมทั้งหาประสิทธิภาพจากการใช้ชุดบทเรียนกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม จังหวัดพิษณุโลก ปีการศึกษา 2546 ที่เรียน วิชาช่างอุตสาหกรรม และไม่เคยศึกษา เรื่องวงจรสวิทช์บันไดมาก่อนจำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีประสิทธิภาพ 84/85.33 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น เมื่อเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อดิศัย ตั้งรุจิกุล (2547 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริม เรื่อง การใช้งานระบบปฏิบัติการยูนิกซ์เบื้องต้น สำหรับพนักงานของบริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยวิศวกร พนักงานโปรแกรมคอมพิวเตอร์และนักวิเคราะห์ระบบงานคอมพิวเตอร์ ของฝ่ายบริหารงานข้อมูลทางธุรกิจ ฝ่ายพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่องานจัดการองค์กร และฝ่ายปฏิบัติการเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยอาสาสมัคร จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อสอนเสริมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 84.11/89.16 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหลังเรียนสูงกว่า ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่องโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามหัวข้อต่อไปนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือพนักงานระดับปฏิบัติการของกองการผลิตโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาตามแผน กองบำรุงรักษาอุปกรณ์สนับสนุนโรงไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าบางปะกงประมาณ 360 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ พนักงานระดับปฏิบัติการของ กองการผลิตโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาตามแผน กองบำรุงรักษาอุปกรณ์สนับสนุนโรงไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าบางปะกง คุณวุฒิระดับ ปวช/ปวส จำนวน 30 คน โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ หมายถึง การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่องโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการสร้างขึ้น ประกอบด้วยเครื่องมือ 3 ส่วนดังนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 หน่วยการเรียน คือ

1. หม้อกำเนิดไอน้ำ (Boiler)
2. เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine)
3. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า(Generator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของการเรียนในแต่ละหน่วยดังนี้ คือ

หน่วยการเรียนที่ 1 เรื่อง หม้อกำเนิดไอน้ำ (Boiler)

โดยมีวัตถุประสงค์ให้ผู้อบรมมีความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์สำคัญของหม้อกำเนิดไอน้ำ

เนื้อหาช่วยอบรม	วัตถุประสงค์
1) ลักษณะทั่วไปของหม้อกำเนิดไอน้ำ (Boiler)	1) สามารถอธิบายลักษณะภาพของหม้อกำเนิดไอน้ำ
2) หน้าที่การทำงานของหม้อกำเนิดไอน้ำ	2) สามารถบอกหน้าที่การทำงานหม้อกำเนิดไอน้ำ
3) คุณสมบัติสำคัญของหม้อกำเนิดไอน้ำ	3) สามารถบอกคุณสมบัติสำคัญของหม้อกำเนิดไอน้ำ
(3.1) Boiler drum	(3.1) สามารถอธิบายการทำงานของ Boiler Drum
(3.2) Force Draft Fan(FD-Fan)	(3.2) สามารถอธิบายการทำงานของ Force Draft Fan ได้
(3.3) Induced Draft Fans(ID-Fan)	(3.3) สามารถอธิบายการทำงานของ Induce Draft Fans
(3.4) Boiler Circulating Pump (BCP)	(3.4) สามารถอธิบายการทำงานของ Boiler Circulating Pump

หน่วยการเรียนที่ 2 เรื่อง เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

วัตถุประสงค์ให้ผู้อบรมมีความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์สำคัญของเครื่องกังหันไอน้ำ

เนื้อหาช่วยอบรม	วัตถุประสงค์
1) ลักษณะทั่วไปของเครื่องกังหันไอน้ำ(Steam Turbine)	1) สามารถอธิบายลักษณะภาพของเครื่องกังหันไอน้ำ
2) หน้าที่การทำงานของเครื่องกังหันไอน้ำ	2) สามารถบอกหน้าที่การทำงานเครื่องกังหันไอน้ำ
3) คุณสมบัติสำคัญของเครื่องกังหันไอน้ำ	3) สามารถบอกคุณสมบัติสำคัญของเครื่องกังหันไอน้ำ
(3.1) Turbine	(3.1) สามารถอธิบายการทำงานของ Turbine
(3.2) Control VLV.	(3.2) สามารถอธิบายการทำงานของ Control VLV.
(3.3) Condenser	(3.3) สามารถอธิบายการทำงานของ Condenser
(3.4) Condensate Pump	(3.4) สามารถอธิบายการทำงานของ Condensate Pump

หน่วยการเรียนที่ 3 เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

วัตถุประสงค์ให้ผู้อบรมมีความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์สำคัญของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เนื้อหาช่วยอบรม	วัตถุประสงค์
1) ลักษณะทั่วไปของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)	1) สามารถอธิบายลักษณะภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
2) หน้าที่การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	2) สามารถบอกหน้าที่การทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
3) คุณสมบัติสำคัญของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	3) สามารถบอกหน้าที่การทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
(3.1) Generator	(3.1) สามารถอธิบายการทำงานของ Generator
(3.2) Excitation	(3.2) สามารถอธิบายการทำงานของ Excitation
(3.3) Gen. Transformer	(3.3) สามารถอธิบายการทำงานของ Gen. Transformer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง เพื่อหาคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพ

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง มีลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.3.1 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

จากรูปที่ 3.1 มีรายละเอียดขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์เนื้อหาหัวเรื่องของแต่ละหน่วย ที่จะนำมาสร้าง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนบางปะกง ให้มีเนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

2. ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์โดยยึดหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

หลักเกณฑ์ทางด้านเนื้อหา

2.1 เนื้อหาในแต่ละหน่วยการเรียน ถูกต้องตรงตามหลักวิชาการและถูกต้องตามลักษณะงานจริงของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนบางปะกง

2.2 สร้าง Story Board ลำดับความสำคัญของหัวข้อเรื่องในแต่ละหน่วย รวมทั้งหัวข้อเรื่องหน่วยย่อยโดยแบ่งออกเป็นเฟรมๆ

2.3 ลำดับความสำคัญของรูปภาพและเนื้อเรื่องในสอดคล้องต่อเนื่องกันในแต่ละเฟรม

2.4 ผลที่คาดหวังจากบทเรียนต้องเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

2.5 เนื้อหาความยากง่ายความเหมาะสมของบทเรียนที่มีต่อผู้เรียน

หลักเกณฑ์ทางด้านสื่อ

2.6 การใช้ภาพและเสียงเหมาะสมกับเนื้อเรื่องในแต่ละหน่วยหรือบทเรียน

2.7 บทเรียนเร้าความสนใจไม่น่าเบื่อ

2.8 บทเรียนเสริมสร้างความคิดริเริ่มและสร้างสรรค์

2.9 การตอบสนองกลับการควบคุมความเร็วของบทเรียน

2.10 บทเรียนสามารถประสานกับประสบการณ์เดิมของผู้เรียนได้

2.11 ข้อมูลที่แสดงออกทางจอภาพมีประสิทธิภาพดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 ผู้เรียนเป้าหมายสามารถใช้บทเรียนได้เอง

2.13 บทเรียนใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์ได้เหมาะสม

2.14 บทเรียนไม่เสียง่ายเมื่อใช้งานตามภาวะปกติ

3. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม โดยใช้โปรแกรม Macromedia Flash MX และโปรแกรมอื่นๆ ที่สามารถจัดทำตัวอักษร ภาพกราฟิก เสียง ภาพเคลื่อนไหว เข้ามาใช้ประกอบการสร้างบทเรียน

4. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม ที่สร้างเสร็จแล้วที่ตรวจสอบหาข้อบกพร่อง และหากพบข้อบกพร่องก็ต้องกลับไปศึกษาและออกแบบสร้างใหม่ ต่อจากนั้นนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบความถูกต้อง

5. แบบประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อหาและทางด้านสื่อ จัดทำเป็นแบบสอบถามเพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูลจากผู้ทรงคุณวุฒิ แบบประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อหา 3 ท่านและทางด้านสื่อ 3 ท่าน แบ่งออกเป็น 5 ระดับ (Rating Scales) โดยเกณฑ์การประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนบางปะกง ในแต่ละด้านมีระดับความเห็นดังต่อไปนี้ อ้างอิงสูตร (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 164)

เกณฑ์ความคิดเห็นด้านเนื้อหาและด้านสื่อ มี 5 ระดับ คือ

5 หมายถึง ระดับดีมาก
4 หมายถึง ระดับดี
3 หมายถึง ระดับปานกลาง
2 หมายถึง ระดับพอใช้
1 หมายถึง ระดับควรปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินคุณภาพ มี 5 ระดับ คือ

4.50 – 5.00 หมายถึง ระดับดีมาก
3.50 – 4.49 หมายถึง ระดับดี
2.50 – 3.49 หมายถึง ระดับปานกลาง
1.50 – 2.49 หมายถึง ระดับพอใช้
1.00 – 1.49 หมายถึง ระดับควรปรับปรุง

6. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนบางปะกง ที่สร้างเสร็จสมบูรณ์เอาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านสื่อ จำนวน 3 ท่าน ทำการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรมโดยผู้ทรงคุณวุฒิมีรายชื่อดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

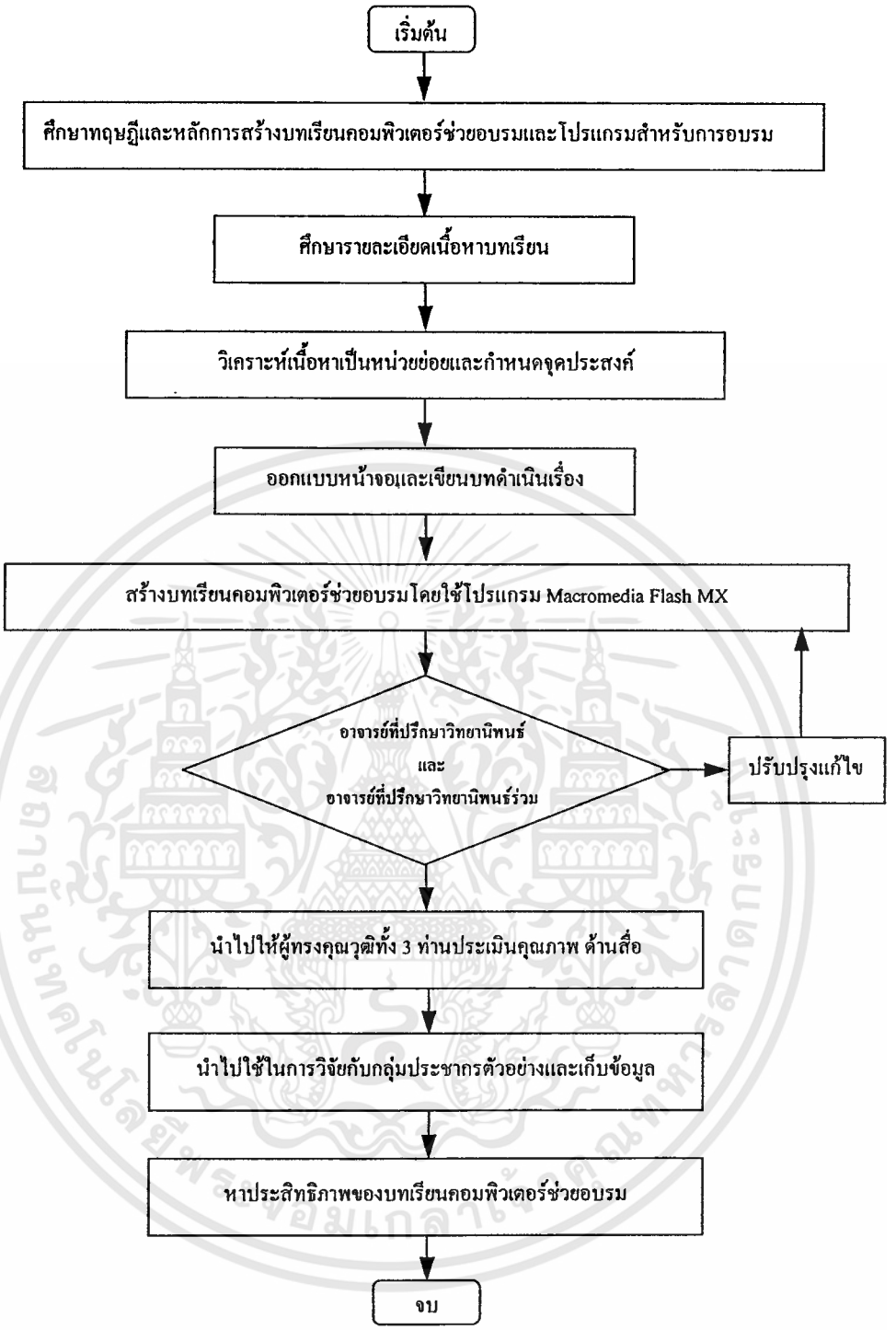
ด้านสื่อ

(1) คุณธวัช จันทร์สุวรรณ	กรรมการผู้จัดการ บริษัท ออโต้โทรนิคเซอร์วิสดีเวลล็อบเน้นท์
(2) คุณอรรคพล คงมาลัย	วิศวกร บริษัท สยามอินทิเกรชั่นซิสเต็มส์ จำกัด
(3) นายยุทธนา พงศ์พฤกษชาติ	ผู้จัดการ บริษัท แอดซายน์ คอมมูนิเคชั่น จำกัด

โดยเกณฑ์การประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนบางปะกง ที่ดีและใช้ได้จะต้องอยู่ในระดับค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.50 จึงจะถือว่าเนื้อหาและสื่อการเรียนการสอน มีประสิทธิภาพ

7. ผลจากผู้ทรงคุณวุฒิทำการตอบแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แล้วเก็บรวบรวมแบบประเมินนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติ ได้ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$ = 4.57, S.D. = 0.54) แสดงว่า บทเรียนมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

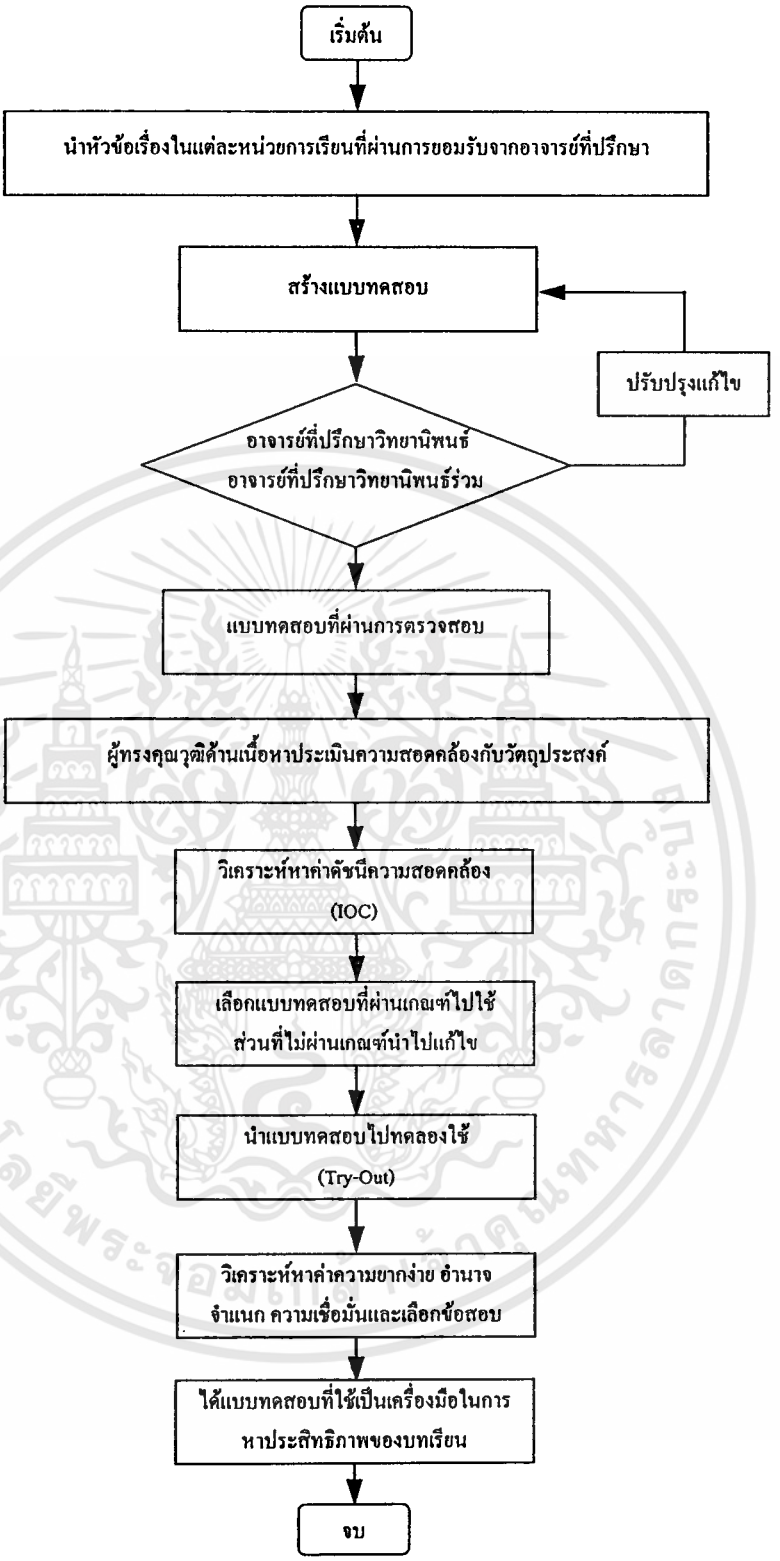


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

3.3.2 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สร้างแบบทดสอบตามจุดประสงค์ของบทเรียน โดยนำมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ การสร้างแบบทดสอบมีขั้นตอนและรายละเอียดต่อไปนี้ ดังรูป 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดขั้นตอน จากรูปที่ 3.2 มีดังต่อไปนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากเนื้อหาวิชา ในหัวข้อเรื่องที่จะทำการวิจัย มาทำการวิเคราะห์เนื้อหาสาระสำคัญที่จะนำมาทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการอบรมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ด้วย

2. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จัดทำแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยมีคำตอบถูกเพียงคำตอบเดียว และคำตอบลวง 3 คำตอบ ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มีหลักเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ คือ ข้อที่ตอบถูกให้เป็น 1 คะแนน และข้อที่ตอบผิดให้เป็น 0 คะแนน

3. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไปตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นรายข้อ โดยนำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน เป็นผู้ประเมิน ดังรายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิต่อไปนี้

ด้านเนื้อหา

(1) คุณสกน แก้วกุลศรี	หัวหน้าแผนกเดินเครื่องกะ 5 (หดก5-ฟ.) โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง
(2) คุณสุรพล แพนเกาะ	หัวหน้าแผนกเดินเครื่องกะ 8 (หดก8-ฟ.) โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง
(3) คุณสุบิน วงษ์ปุ่น	หัวหน้าแผนกเดินเครื่องกะ 6 (หดก6-ฟ.) โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

ผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน โดยใช้หลักเกณฑ์การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้หลักเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

คะแนน +1 มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์
คะแนน 0 ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์
คะแนน -1 ไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

นำผลการพิจารณาแต่ละข้อของอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน ไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์

4. จากนั้นจึงเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ย IOC มากกว่า 0.5 ขึ้นไปนำไปใช้งาน และนำข้อสอบที่ไม่ผ่านการประเมินค่า IOC ที่มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 0.5 ไปทำการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องให้ได้ตามเกณฑ์

5. จากผลการวิเคราะห์ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC เท่ากับ 0.67 ~ 1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. นำข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้น ไปทดลองใช้ (Try-Out) กับผู้เข้าอบรมอีกกลุ่มหนึ่งจำนวน 30 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยเลือกผู้ที่มีความสามารถระดับ เก่ง ปานกลาง และอ่อน

7. นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) เป็นรายข้อ โดยใช้เทคนิค 50% แล้วเลือกข้อที่มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.79 และค่าอำนาจจำแนก 0.2 ขึ้นไป นำไปใช้ในการวิจัย

8. หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder-Richardson

9. จากการทดลองใช้ข้อสอบทั้งหมด 30 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีค่าความยากง่าย (P) อยู่ในช่วง 0.20 – 0.79 ส่วนค่าเฉลี่ยรวมได้เท่ากับ 0.54 ซึ่งเป็นข้อสอบที่มีความอยากง่ายพอเหมาะดี(ใช้ได้ดี) ค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ในช่วง 0.33 – 0.47 ส่วนค่าเฉลี่ยนรวมได้เท่ากับ 0.40 แสดงว่าค่าอำนาจจำแนกสูง คุณภาพดีมาก และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.37 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นปานกลาง ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ แต่ผู้วิจัยคัดเลือกเอาเพียง 20 ข้อเท่านั้นที่นำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

10. ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับใช้เป็นเครื่องมือประกอบการหาประสิทธิภาพของบทเรียน

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล จากการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ พนักงานระดับปฏิบัติการของ กองการผลิตโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาตามแผน กองบำรุงรักษาอุปกรณ์สนับสนุนโรงไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าบางปะกง จำนวน 30 คน โดยปฏิบัติตามขั้นตอน ดังนี้

3.4.1 ติดต่อหน่วยงาน กองการผลิตโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาตามแผน กองบำรุงรักษาอุปกรณ์สนับสนุนโรงไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าบางปะกง เพื่อขออนุญาตินำพนักงานระดับปฏิบัติการขอแต่ละหน่วยงาน จำนวนหน่วยงานละ 10 คน จากทั้งหมด 3 หน่วยงานมาเป็นประชากรตัวอย่าง

3.4.2 แจ้งให้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ทราบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรมและเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 สถานที่สำหรับใช้เก็บรวบรวมข้อมูลขอใช้ห้องอบรม Computer ของแผนก IT โรงไฟฟ้าบางปะกง จำนวน 30 เครื่อง

3.4.4 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.4.5 นำข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์หาคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ ดังนี้

3.5.1 วิเคราะห์หาดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามวัดผลสัมฤทธิ์กับวัตถุประสงค์

โดยใช้สูตร (ไชยยศ เรืองสุวรรณ 2533:138)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ

$IOC =$ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R =$ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

$n =$ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

ค่าดัชนี IOC มีความหมายดังนี้

$IOC > 0.5$ หมายถึง มีความสอดคล้อง

$IOC \leq 0.5$ หมายถึง ไม่มีความสอดคล้อง

3.5.2 วิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และหาค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบ

1. วิเคราะห์หาค่าความยากง่าย

โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538: 210 -211)

$$P = \frac{R}{N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

P = ค่าความยากง่าย

R = จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก

N = จำนวนคนที่ทำข้อสอบทั้งหมด

ขอบเขตของค่า P และความหมาย

0.80 ~ 00 เป็นข้อสอบง่ายมาก

0.60 ~ 79 เป็นข้อสอบค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)

0.40 ~ 59 เป็นข้อสอบยากง่ายพอเหมาะดี (ใช้ได้ดี)

0.20 ~ 39 เป็นข้อสอบค่อนข้างยาก

0.00 ~ 19 เป็นข้อสอบยากมาก

2. วิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก

โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.2538: 210-211)

$$D = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ

D = อำนาจจำแนกของข้อสอบ

R_U = จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง

R_L = จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน

N = จำนวนผู้เรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

ขอบเขตของค่า D และความหมาย

0.40 ขึ้นไป	อำนาจจำแนกสูง	คุณภาพดีมาก
0.30 – 0.39	อำนาจจำแนกปานกลาง	คุณภาพดีพอสมควร
0.20 – 0.29	อำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ	คุณภาพพอใช้ได้
0.00 – 0.19	อำนาจจำแนกต่ำ	คุณภาพใช้ไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น

โดยใช้สูตรที่ โดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder Richardson (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542:145)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2}\right]$$

$$S_t^2 = \frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

เมื่อ

r_{tt} = ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

k = จำนวนข้อสอบทั้งหมด

p = สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูก

q = สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิด

S_t^2 = ความแปรปรวนของคะแนนผู้เข้าสอบทั้งหมด

n = จำนวนผู้เข้าสอบ

$\sum x$ = คะแนนรวมของผู้เข้าสอบ

เกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

0.7 – 1.0 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง

0.3 – 0.7 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นปานกลาง

ต่ำกว่า 0.3 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นต่ำ

3.5.3 วิเคราะห์เพื่อการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม

ในการวิเคราะห์เพื่อประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม ทางด้านเนื้อหา และด้านสื่อ ได้นำสูตรมาใช้ดังต่อไปนี้

1. การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 164) ใช้สูตร

$$\overline{X} = \frac{\sum x}{n}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

X = คะแนนแต่ละจำนวน

$\sum X$ = ผลรวมของคะแนน

n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2. การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 164) ใช้สูตร

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum(X-\overline{X})^2}{(n-1)}}$$

เมื่อ

S.D. = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X = ผลของคะแนนแต่ละคน

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด

$\sum X$ = ผลรวมของคะแนน

n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.5.4 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม

ในการวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง โดยใช้สูตร E1/E2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2543:491)

$$E1 = \left[\frac{\sum X/n}{A}\right] \times 100$$

$$E2 = \left[\frac{\sum F/n}{B}\right] \times 100$$

เมื่อ

E1 = แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการอบรม

E2 = แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum X$ = แทน คะแนนรวมของการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

$\sum F$ = แทน คะแนนรวมของการทำแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการอบรม

n = แทน จำนวนผู้เรียน

A = แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

B = แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการอบรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ผู้วิจัยได้นำไปทดลองใช้กับพนักงานระดับปฏิบัติการในโรงไฟฟ้าบางปะกง จำนวน 30 คน และได้ดำเนินการวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม

การวิเคราะห์หาคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ซึ่งผลจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละด้าน ได้นำมาทำการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้านเนื้อหา

ข้อที่	รายการประเมินด้านเนื้อหา	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
1	ด้านเนื้อหา			
	1.1 เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4.67	0.58	ดีมาก
	1.2 ความถูกต้องของเนื้อหา เรื่อง หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง	4.67	0.58	ดีมาก
	1.3 ความถูกต้องของเนื้อหา ขั้นตอนการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง	4.67	0.58	ดีมาก
	1.4 ความถูกต้องของเนื้อหา เรื่องโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง	4.67	0.58	ดีมาก
	1.5 ความถูกต้องในการลำดับเนื้อหาตามขั้นตอน	4.33	0.58	ดี
	1.6 ความสอดคล้องของเนื้อหาแต่ละตอน	4.33	0.58	ดี
	1.7 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4.33	0.58	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมินด้านเนื้อหา	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
2	ด้านเวลาอบรม			
	2.1 ความเหมาะสมเวลาอบรมกับเนื้อหาของภาพ และเนื้อหาบรรยาย	4.33	0.58	ดี
	2.2 ความเหมาะสมเวลาอบรมทั้งเรื่องของเนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.52	0.58	ดีมาก

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ด้านเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง โดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.58) แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม มีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้านสื่อ

ข้อที่	รายการประเมินด้านสื่อ	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
1	การนำเสนอ			
	1.1 ความเหมาะสมในรูปแบบและวิธีการนำเสนอ	4.67	0.58	ดีมาก
	1.2 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอ	4.67	0.58	ดีมาก
	1.3 ความสมบูรณ์ของบทเรียน	4.67	0.58	ดีมาก
2	ภาพและเสียง			
	2.1 คุณภาพของภาพ	5.00	0.00	ดีมาก
	2.2 คุณภาพของเสียงบรรยาย	5.00	0.00	ดีมาก
	2.3 คุณภาพของภาพเคลื่อนไหว วีดีโอ	4.67	0.58	ดีมาก
	2.4 ความเหมาะสมของภาพในการสื่อความหมาย	4.33	0.58	ดี
	2.5 ความสอดคล้องของภาพ และเนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
	2.6 ความน่าสนใจในเทคนิคการ นำเสนอภาพในบทเรียน	4.67	0.58	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมินด้านสื่อ	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
3	ตัวอักษร			
	3.1 รูปแบบของตัวอักษรในการนำเสนอ	4.67	0.58	ดีมาก
	3.2 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.33	0.58	ดี
	3.3 ความหนาแน่นของตัวอักษร	4.33	0.58	ดี
	3.4 ความเด่นชัดของหัวข้อหรือส่วนที่เน้น	4.33	0.58	ดี
	3.5 การจัดวางตำแหน่งของตัวอักษรเหมาะสมและง่ายต่อความเข้าใจ	4.67	0.58	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.62	0.49	ดีมาก

จากตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ด้านสื่อของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อทั้ง 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ = 4.62, S.D. = 0.49) แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม มีคุณภาพด้านสื่ออยู่ในระดับดีมาก

ตารางที่ 4.3 สรุปผลการวิเคราะห์ หาคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม

รายการประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
1. ค่าเฉลี่ยรวม ด้านเนื้อหา	4.52	0.58	ดีมาก
2. ค่าเฉลี่ยรวม ด้านสื่อ	4.62	0.49	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.57	0.54	ดีมาก

จากตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง จากผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและทางด้านสื่อของผู้ทรงคุณวุฒิ นำมาหาค่าทางสถิติโดยการหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$ = 4.57, S.D. = 0.54) แสดงว่าคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม อยู่ในระดับดีมากทางด้านเนื้อหามี เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์, ความถูกต้องของเนื้อหา, ความเหมาะสมเวลาอบรม และทางด้านสื่อมี ความเหมาะสมในรูปแบบและวิธีการนำเสนอ,ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอ, ความสมบูรณ์ของบทเรียนสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ที่ผู้วิจัยได้นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยได้ผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียน

ประชากร (n = 30)	คะแนนรวมท้ายบทเรียนของหน่วยการเรียนที่ 1 , 2 และ 3 (คะแนนเต็มรวม 30 คะแนน)		คะแนนรวมของการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)	
	$\sum x$	คิดเป็นร้อยละ	$\sum F$	คิดเป็นร้อยละ
1.	22	73.33	16	80.00
2.	23	76.67	17	85.00
3.	20	66.67	16	80.00
4.	21	70.00	17	85.00
5.	25	83.33	16	80.00
6.	25	83.33	16	80.00
7.	26	86.67	17	85.00
8.	23	76.67	18	90.00
9.	25	83.33	17	85.00
10.	24	80.00	17	85.00
11.	25	83.33	16	80.00
12.	25	83.33	17	85.00
13.	27	90.00	18	90.00
14.	25	83.33	16	80.00
15.	25	83.33	16	80.00
16.	26	86.67	17	85.00
17.	25	83.33	17	85.00
18.	27	90.00	16	80.00
19.	24	80.00	15	75.00
20.	25	83.33	17	85.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ประชากร (n = 30)	คะแนนรวมท้ายบทเรียนของหน่วยการเรียนที่ 1 , 2 และ 3 (คะแนนเต็มรวม 30 คะแนน)		คะแนนรวมของการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)	
	$\sum x$	คิดเป็นร้อยละ	$\sum F$	คิดเป็นร้อยละ
21.	26	86.67	17	85.00
22.	25	83.33	18	90.00
23.	25	83.33	16	80.00
24.	25	83.33	16	80.00
25.	25	83.33	16	80.00
26.	26	86.67	17	85.00
27.	25	83.33	18	90.00
28.	26	86.67	17	85.00
29.	25	83.33	17	85.00
30.	25	83.33	16	80.00
คะแนนรวมทั้งหมด	741	82.33	500	83.33

จากตารางที่ 4.4 ผลจากคะแนนรวมนำมาคิดเป็นค่าร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ปรากฏว่าผลของคะแนนการทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนที่ 1, 2 และ 3 ของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าร้อยละ 82.33 และผลของคะแนนการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าร้อยละ 83.33 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์กำหนดที่ตั้งไว้คือ E1/E2:80/80 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม มีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 สรุปผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม

รายละเอียด	คะแนนสอบ		ค่าเฉลี่ยร้อยละ	ประสิทธิภาพของบทเรียน
	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ยที่สอบได้		
แบบทดสอบท้ายบทเรียน (E1)	30	24.70	82.33	E1/E2 (82.33/83.33)
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนครบทุกหน่วย (E2)	20	16.67	83.33	

จากตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง จะเห็นว่าคะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน ของหน่วยการเรียนที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 24.70 คะแนน จากคะแนนรวมเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.33 และคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนจบครบทุกหน่วยการเรียน ได้คะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 16.67 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 83.33 จะเห็นว่าคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม สามารถนำไปใช้ในอบรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ก็เพื่อต้องการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง เพื่อหาคุณภาพ และประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม ตามเกณฑ์ที่กำหนด E1/E2 : 80/80 โดยสรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.2 สมมติฐานในการวิจัย

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

5.2 การอภิปรายผลวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

5.1 สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยผู้วิจัยได้สรุปผลเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.1.1 เพื่อสร้างและหาคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

5.1.1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

5.1.2 สมมติฐานในการวิจัย

5.1.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง มีคุณภาพในระดับดีขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ที่กำหนด E1/E2:80/80

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.3.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ พนักงานระดับปฏิบัติการของกองการผลิตโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาตามแผน กองบำรุงรักษาอุปกรณ์สนับสนุนโรงไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าบางปะกงประมาณ 360 คน

5.1.3.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ พนักงานระดับปฏิบัติการของกองการผลิตโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาตามแผน กองบำรุงรักษาอุปกรณ์สนับสนุนโรงไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าบางปะกงจำนวน 30 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1.4.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 หน่วยการเรียน คือ

(1) หม้อกำเนิดไอน้ำ (Boiler)

(2) เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

(3) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า(Generator)

5.1.3.3 แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง เพื่อหาคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพ

5.1.3.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง มีลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม IOC มากกว่า 0.5 ขึ้นไป มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.79 และค่าอำนาจจำแนก 0.2 ขึ้นไปนำไปใช้ในการวิจัย

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.1.5.1 ติดต่อจัดเตรียมสถานที่และตรวจเช็คความพร้อมของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม ให้มีความพร้อมก่อนใช้งานจริง กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน

5.1.5.2 แจ้งประชากรกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ทราบล่วงหน้าก่อนทำการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.5.3 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง มาทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง หลังเรียนจบในแต่ละหน่วยการเรียนก็ให้ทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน และเก็บคะแนนไว้ ต่อจากนั้นเมื่อเรียนครบทุกหน่วยการเรียนแล้วก็ให้ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม ตามวิธีทางสถิติ กับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ E1/E2 : 80/80

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ดังนี้

5.1.6.1 วิเคราะห์คุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม จากผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ของผู้ทรงคุณวุฒิ นำมาหาค่าทางสถิติโดยการหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$ = 4.57, S.D. = 0.54) แสดงว่าคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม อยู่ในระดับดีมาก

5.1.6.2 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม โดยเปรียนเทียบผลคะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียน และการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนครบทุกหน่วยการเรียน นำมาหาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 82.33/83.33 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด E1/E2 : 80/80 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง มีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์ที่กำหนด สามารถนำไปใช้ในการเรียนการอบรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าว สรุปผลวิจัยได้ดังนี้

5.1.7.1 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ด้านเนื้อหาอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก จากผลการวิจัยด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.58) แสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิยอมรับเนื้อหา ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม ที่ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ สามารถนำไปใช้ในการเรียนการอบรมได้

5.1.7.2 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ด้านสื่ออยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก จากผลการวิจัยด้านสื่อ มีค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$ = 4.62, S.D. = 0.49) แสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิยอมรับสื่อ ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม ที่ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ สามารถนำไปใช้ในการเรียนการอบรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.7.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน ของหน่วยการเรียนที่ 1, 2 และ 3 ได้คะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 24.70 คะแนน จากคะแนนเต็มรวม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.33 และคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนจบครบทุกหน่วยการเรียน ได้คะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 16.67 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 83.33 จะเห็นว่าคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง สามารถนำไปใช้ในการเรียนการอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 การอภิปรายผลวิจัย

จากผลการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ผลการประเมินด้านเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก ผลของค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.58) เนื่องจากเนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหามีความถูกต้อง มีความถูกต้องของเนื้อหาและขั้นตอนการทำงาน มีความเหมาะสมของเวลาอบรมทั้งเรื่องของเนื้อหา อยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก

ผลการประเมินด้านสื่อจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก ผลของค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$ = 4.62, S.D. = 0.49) เนื่องจากรูปแบบสื่อและการนำเสนอมีความเหมาะสมในรูปแบบ ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอ ความสมบูรณ์ของบทเรียน คุณภาพของเสียงบรรยายและภาพ คุณภาพของภาพเคลื่อนไหว ความน่าสนใจในเทคนิคการนำเสนอภาพในบทเรียน มีรูปแบบลักษณะของตัวอักษร ขนาดตัวอักษร อยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการอบรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผู้วิจัยได้นำบทเรียนไปหาประสิทธิภาพ จากการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

จากผลการทำแบบทดสอบของนักเรียน ผู้วิจัยได้นำผลที่ได้คำนวณหาค่า E1/E2 เห็นได้ว่าคะแนนที่ได้ในการทำแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการเรียน E2 มีค่าร้อยละ 83.33 สูงกว่าคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนระหว่างเรียนจบแต่ละหน่วยการเรียน E1 ซึ่งมีค่าร้อยละ 82.33 อาจเป็นผลมาจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการเรียน หรือ E2 นั้น ผู้เข้ารับการอบรมสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ดี เพราะในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ในแต่ละหน่วยการเรียน ผู้วิจัยได้สร้างแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้ในแต่หน่วยการเรียนเอาไว้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวิจัยการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.33/83.33 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

ผลของการวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพ ปรากฏว่างานวิจัยของผู้วิจัยมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธีระพล เที่ยงธรรม (2547:บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนผ่านระบบเครื่องข่ายอินทราเน็ตวิชาคอมพิวเตอร์เบื้องต้น เรื่อง การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปไมโครซอฟท์เอ็กเซล สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาวิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคก่อสร้าง ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.29/82.58 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศรัณย์ รินคำ (2548:บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อน และหลังเรียน กลุ่มตัวอย่าง เป็นพนักงานระดับปฏิบัติการ ในบริษัทชันโยเซมิคอนดักเตอร์(ประเทศไทย) จำกัดจำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.33/82.66 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80/80

ผลที่เป็นเช่นนี้อันอาจเนื่องมาจากการที่ผู้ฝึกอบรมได้ศึกษาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นรูปแบบบทเรียนที่ใช้รูปแบบจำลองการเรียนรู้ที่เหมาะกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมซึ่งมี 5 ขั้นตอนได้แก่ **1) เร้าความสนใจ (Gain Attention)** เพื่อกระตุ้นและจูงใจผู้อบรมด้วย ขนาดตัวอักษรสีตัวอักษรหรือฉากหน้า สีพื้นหลัง ภาพกราฟิก ความชัดเจนของรูปภาพและเสียงดนตรีประกอบ **2) บอกวัตถุประสงค์ (Define Objectives)** มีการบอกวัตถุประสงค์ในการอบรมให้ผู้ฝึกอบรม ทราบอย่างชัดเจน **3) การชี้แนวทางในการเรียนรู้ (Guide Learning)** ผู้วิจัยได้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรมที่จะพยายามใช้เทคนิคในการกระตุ้นให้ผู้อบรมนำความรู้เดิมมาใช้ในการศึกษาเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ โดยนำปรากฏการทางธรรมชาติและในชีวิตประจำวันที่พบเห็นได้ทั่วไปมาเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบให้เห็นได้อย่างชัดเจน และได้ใช้รูปแบบเทคนิคการนำเสนอรูปภาพนิ่ง ภาพวีดีโอสาธิตขั้นตอนการปฏิบัติงาน มีการใส่ตัวหนังสือและเสียงบรรยายควบคู่กันไปให้เข้าใจมากขึ้น **4) ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback)** เป็นการช่วยเร้าความสนใจและเป็นการบอกว่าขณะนั้นผู้อบรมอยู่ตรงจุดใดห่างจากเป้าหมายเพียงใดโดยผู้วิจัยได้ออกแบบให้แบบทดลอบท้ายบทเรียนแต่ละบทเรียน แต่ละบทมีการแจ้งผลให้ผู้อบรมทราบว่าทำแบบทดสอบให้ถูกต้อง หรือไม่ซึ่งถ้าหากว่าผู้อบรมทำแบบทดสอบผิดก็จะเป็นการกระตุ้นให้ผู้อบรม มีความพยายามทำแบบทดสอบให้ถูกต้อง โดยสามารถกลับไปทบทวนบทเรียนได้ใหม่อีกครั้ง **5) ประเมินความรู้ (Assess Performance)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ก่อนอบรม ระหว่างอบรม ช่วงท้ายบทเรียน ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อวัดค่าผู้อบรม โดยมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดทำแบบทดสอบก่อนอบรมแล้วทำการแสดงผลของคะแนนให้ผู้อบรม ได้ทราบก่อนที่จะทำการศึกษาคอมพิวเตอร์ช่วยอบรมจากนั้นยังมีการประเมินจากแบบทดสอบท้ายบทเรียนแต่ละบท รวมถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการอบรมหลังจากอบรมครบทุกบทเรียนแล้ว

ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ประกอบการอบรมของหน่วยงานฝึกอบรมของการไฟฟ้าบางปะกง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

5.3.1.1 ผู้สอนสามารถนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ไปใช้แทนการอบรมตามปกติหรือศึกษาเพิ่มเติมได้ เพื่อให้ผู้อบรมมีผลสัมฤทธิ์ทางการอบรมที่สูงขึ้นได้

5.3.1.2 การอบรมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นนี้ ควรจะเรียนให้ครบทุกขั้นตอนที่กำหนดและตามลำดับที่กำหนดไว้เพราะผู้อบรมจะได้เรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอนและจากง่ายไปยากแต่ก็ไม่ได้บังคับไว้ เพราะในกรณีที่ผู้เรียนต้องการที่จะทบทวนก็สามารถเลือกอบรมเนื้อหานั้นๆ ได้ทันที

5.3.1.3 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง สามารถที่จะส่งเสริมให้ผู้อบรมสามารถเรียนรู้เนื้อหาได้ด้วยตัวเอง และไม่ควรจำกัดทางเวลา

5.3.1.4 ควรมีการสรุปเนื้อหาหรือหัวข้อที่สำคัญหลังบทเรียน หรือเน้นย้ำโดยการใช้สีของตัวอักษรที่แตกต่างออกไป หรือการใช้การขีดเส้นใต้ข้อความที่สำคัญ

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

5.3.2.1 ควรมีการเพิ่มเติมภาพเคลื่อนไหวในบทเรียนให้มากขึ้น เพราะสื่อความหมายได้ชัดเจนและเพิ่มความสนใจได้มากขึ้น

5.3.2.2 ควรมีการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ให้ผู้อบรมสามารถปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนได้มากขึ้น

5.3.2.3 ควรมีการออกแบบและสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่องโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ในรูปแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เนต

5.3.2.4 ควรมีการวิจัยหาความพึงพอใจของผู้อบรมต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรมเรื่องโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

5.3.2.5 ควรมีการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรมเรื่องโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกงนี้ไปทดลองเปรียบเทียบกับการอบรมปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กองการผลิตโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กองบำรุงรักษาตามแผนกองบำรุงรักษาอุปกรณ์สนับสนุนโรงไฟฟ้า ของโรงไฟฟ้าบางปะกง.

จิระพจน์ ประพิน 2547. "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับการใช้งานชุดฝึกไมโครโปรเซสเซอร์ MCZ-80/EV การใช้งานชุดฝึกไมโครโปรเซสเซอร์ MCZ-80/EV สำหรับนักเรียนระดับ ปวช. 3 สาขางานอิเล็กทรอนิกหนองคาย." วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533. เทคโนโลยีทางการศึกษา ทฤษฎีและการวิจัย. กรุงเทพ : โอ.พริ้นติ้ง เฮาส์

ธีระพล เที่ยงธรรม 2547. "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนผ่านระบบเครื่อข่ายอินทราเน็ตวิชาคอมพิวเตอร์เบื้องต้น เรื่อง การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปไมโครซอฟท์เอ็กเซลสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นงนุช วรรณธนวหะ. 2535. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ณรงค์ ตันจินซูย.2548." โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมพนักงาน เรื่อง เครื่องทดสอบไอซี." : วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พรรณี ลีกิจวัฒนะ. 2541. เอกสารประกอบการเรียนวิชาสถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ไพโรจน์ ตีรณธนากุล, ไพบูลย์ เกียรติโกมล และ สิริลักษณ์ ตีรณธนากุล. 2543 การออกแบบการสอนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน IMMCI (Designing IMM Computer Instruction). คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีและคณะทันตแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนทรินทรวิโรฒ (ประสานมิตร). ตีพิมพ์ในวารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ฉบับที่ 4 พฤศจิกายน 2542- เมษายน หน้า 5-17.

รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2543. **วิธีวิจัยทางการศึกษา.** กรุงเทพ :: ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538. **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา.** กรุงเทพ :สุวีริยสาส์น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศรัณย์ รินคำ.2548. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรม อิเล็กทรอนิกส์ : วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุกรี รอดโพธิ์ทอง. (2535.4-7.) การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

อดิศัย ตั้งรุจิกุล. 2547. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริม เรื่อง การใช้งานระบบปฏิบัติการยูนิกซ์เบื้องต้น สำหรับพนักงานของบริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน)" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ (คอมพิวเตอร์) บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อโณทัย พุ่มสะอาด. 2547. " บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง วงจรสวิทซ์บันได" วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต หลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษาบัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

หนังสือราชการและรายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศบัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

.....

บัณฑิตวิทยาลัย โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการดังนี้

นายสำราญ ฟักเหลือง รหัสประจำตัว 48063503 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่องโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางประกง (Computer Training Instruction on Bang Pa Kong Thermal Power Plant)" โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2550

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของบัณฑิตวิทยาลัย

ประกาศ ณ วันที่ 8 มีนาคม พ.ศ. 2550

(รศ.ดร.อิทธิพล แจ้งชัด)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ประเมินคุณภาพ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

ดังมีรายนามดังต่อไปนี้

ผู้ทรงคุณวุฒิ “ด้านเนื้อหา”	
รายนาม	**ตำแหน่ง/สถานที่ทำงาน**
(1) คุณสกน แก้วกุลศรี	หัวหน้าแผนกเดินเครื่องกะ 5 (หดก5-ฟ.) โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง
(2) คุณสุรพล แพนเกาะ	หัวหน้าแผนกเดินเครื่องกะ 8 (หดก8-ฟ.) โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง
(3) คุณสุบิน วงษ์ปุ่น	หัวหน้าแผนกเดินเครื่องกะ 6 (หดก6-ฟ.) โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

ผู้ทรงคุณวุฒิ “ด้านสื่อ”	
รายนาม	**ตำแหน่ง/สถานที่ทำงาน**
(1) คุณธวัช จันทร์สุวรรณ	กรรมการผู้จัดการ บริษัท ออโต้โทรนิคเซอร์ดีเวลล็อบเม้นท์
(2) คุณอรรคพล คงมาลัย	วิศวกร บริษัท สยามอินทิเกรชั่นซิสเต็มส์ จำกัด
(3) นายยุทธนา พงศ์พฤกษชาติ	ผู้จัดการ บริษัท แอดซายน์ คอมมูนิเคชั่น จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพด้านสื่อและด้านเนื้อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม
เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง
(ด้านเนื้อหา)

คำชี้แจง

แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา แบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 ประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

ตอนที่ 2 สอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

หลักเกณฑ์การประเมิน

ตอนที่ 1 โปรดกาเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องว่าง ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านสื่อ โดยมีระดับคะแนนดังนี้

ระดับความคิดเห็นด้านเนื้อหา มี 5 ระดับ คือ

5 หมายถึง ระดับดีมาก

4 หมายถึง ระดับดี

3 หมายถึง ระดับปานกลาง

2 หมายถึง ระดับพอใช้

1 หมายถึง ระดับควรปรับปรุง

ตอนที่ 2 โปรดเขียนแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ เกี่ยวกับด้านเนื้อหา

ขอขอบพระคุณท่าน ที่ได้กรุณาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

หมายเหตุ

ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุง

ลงชื่อ.....

(นายสำราญ ฟักเหลือง)

ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

ตอนที่ 1

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับการประเมิน					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
1	**เนื้อหา**						
	1.1 เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์						
	1.2 ความถูกต้องของเนื้อหา เรื่อง หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง						
	1.3 ความถูกต้องของเนื้อหา ขั้นตอนการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง						
	1.4 ความถูกต้องของเนื้อหา เรื่องโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง						
	1.5 ความถูกต้องในการลำดับเนื้อหาตามขั้นตอน						
	1.6 ความสอดคล้องของเนื้อหาแต่ละตอน						
	1.7 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา						
2	**เวลาอบรม**						
	2.1 ความเหมาะสมเวลาอบรมกับเนื้อหาของภาพ และเนื้อหาบรรยาย						
	2.2 ความเหมาะสมเวลาอบรมทั้งเรื่องของเนื้อหา						

ตอนที่ 2 สอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

ตรวจสอบเรียบร้อย

ลงชื่อ.....

( )

ผู้ทรงคุณวุฒิ

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพด้านสื่อ

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

คำชี้แจง

แบบประเมินคุณภาพด้านสื่อ แบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 ประเมินคุณภาพด้านสื่อ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

ตอนที่ 2 สอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

หลักเกณฑ์การประเมิน

ตอนที่ 1 โปรดกาเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องว่าง ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยมีระดับคะแนนดังนี้

ระดับความคิดเห็นด้านสื่อมี 5 ระดับ คือ

5 หมายถึง ระดับดีมาก

4 หมายถึง ระดับดี

3 หมายถึง ระดับปานกลาง

2 หมายถึง ระดับพอใช้

1 หมายถึง ระดับควรปรับปรุง

ตอนที่ 2 โปรดเขียนแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ เกี่ยวกับสื่อ

ขอขอบพระคุณท่าน ที่ได้กรุณาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพด้านสื่อ ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

หมายเหตุ

ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุง

ลงชื่อ.....

(นายสำราญ ฟักเหลือง)

ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพด้านสื่อ

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

ตอนที่ 1

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับการประเมิน					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
1	**การนำเสนอ**						
	1.1 ความเหมาะสมในรูปแบบและวิธีการนำเสนอ						
	1.2 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอ						
	1.3 ความสมบูรณ์ของบทเรียน						
2	**ภาพและเสียง**						
	2.1 คุณภาพของภาพ						
	2.2 คุณภาพของเสียงบรรยาย						
	2.3 คุณภาพของภาพเคลื่อนไหว วีดีโอ						
	2.4 ความเหมาะสมของภาพในการสื่อความหมาย						
	2.5 ความสอดคล้องของภาพ และเนื้อหา						
	2.6 ความน่าสนใจในเทคนิคการ นำเสนอภาพในบทเรียน						
3	**ตัวอักษร**						
	3.1 รูปแบบของตัวอักษรในการนำเสนอ						
	3.2 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร						
	3.3 ความหนาแน่นของตัวอักษร						
	3.4 ความเด่นชัดของหัวข้อหรือส่วนที่เน้น						
	3.5 การจัดวางตำแหน่งของตัวอักษรเหมาะสมและง่ายต่อความเข้าใจ						

ตอนที่ 2 แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ เกี่ยวกับสื่อ

.....

.....

ตรวจสอบเรียบร้อย

ลงชื่อ.....

( )

ผู้ทรงคุณวุฒิ

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการประเมินคุณภาพด้านสื่อและด้านเนื้อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 1 ผลการประเมินคุณภาพด้านสื่อ ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

ข้อที่	รายการประเมินด้านสื่อ	ผลการประเมิน					
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\overline{X}$	*S.D*	ระดับ
1	การนำเสนอ						
	1.1 ความเหมาะสมในรูปแบบและวิธีการนำเสนอ	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
	1.2 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอ	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
	1.3 ความสมบูรณ์ของบทเรียน	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
2	ภาพและเสียง						
	2.1 คุณภาพของภาพ	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	2.2 คุณภาพของเสียงบรรยาย	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	2.3 คุณภาพของภาพเคลื่อนไหว วีดีโอ	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
	2.4 ความเหมาะสมของภาพในการสื่อความหมาย	4	5	4	4.33	0.58	ดี
	2.5 ความสอดคล้องของภาพ และเนื้อหา	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
	2.6 ความน่าสนใจในเทคนิคการ นำเสนอภาพในบทเรียน	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
3	ตัวอักษร						
	3.1 รูปแบบของตัวอักษรในการนำเสนอ	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
	3.2 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4	5	4	4.33	0.58	ดี
	3.3 ความหนาแน่นของตัวอักษร	5	4	4	4.33	0.58	ดี
	3.4 ความเด่นชัดของหัวข้อหรือส่วนที่เน้น	4	5	4	4.33	0.58	ดี
	3.5 การจัดวางตำแหน่งของตัวอักษรเหมาะสมและง่ายต่อความเข้าใจ	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		**4.64**	**4.57**	**4.64**	**4.62**	**0.49**	**ดีมาก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 2 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

ข้อที่	รายการประเมินด้านเนื้อหา	ผลการประเมิน					
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\overline{X}$	*S.D*	ระดับ
1	ด้านเนื้อหา						
	1.1 เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
	1.2 ความถูกต้องของเนื้อหา เรื่อง หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
	1.3 ความถูกต้องของเนื้อหา ขั้นตอนการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
	1.4 ความถูกต้องของเนื้อหา เรื่องโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
	1.5 ความถูกต้องในการลำดับเนื้อหาตามขั้นตอน	4	5	4	4.33	0.58	ดี
	1.6 ความสอดคล้องของเนื้อหาแต่ละตอน	5	4	4	4.33	0.58	ดี
	1.7 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4	5	4	4.33	0.58	ดี
2	ด้านเวลาอบรม						
	2.1 ความเหมาะสมเวลาอบรมกับเนื้อหาของภาพและ เนื้อหาบรรยาย	4	5	4	4.33	0.58	ดี
	2.2 ความเหมาะสมเวลาอบรมทั้งเรื่องของเนื้อหา	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		**4.44**	**4.78**	**4.33**	**4.52**	**0.58**	**ดีมาก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 3 สรุปผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา และด้านสื่อของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม

ข้อที่	รายการประเมินด้านเนื้อหา	ผลการประเมิน					
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\overline{X}$	*S.D*	ระดับ
1	ค่าเฉลี่ยด้านสื่อ	4.64	4.57	4.64	4.62	0.49	ดีมาก
2	ค่าเฉลี่ยด้านเนื้อหา	4.44	4.78	4.33	4.52	0.58	ดีมาก
	ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด	**4.54**	**4.67**	**4.49**	**4.57**	**0.54**	**ดีมาก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลการประเมินความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความสอดคล้อง

ระหว่าง

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์ เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

ตารางที่ ง 1

ข้อที่	ข้อสอบ	ผลการพิจารณา	
		$\sum R$	IOC
1)	น้ำที่ HOT WELL ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกงมาจากแหล่งน้ำใด ***ก. บางพระ*** ข. บางวัว ค. บางบ่อ ง. บางปะกง	2	0.67
2)	น้ำดิบที่เอามาใช้ในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกงปรับปรุงคุณภาพที่ HOT WELL เรียกว่าอะไร ***ก. MAKE UP WATER*** ข. MAKE DOWN WATER ค. MAKE FEED WATER ง. MAKE FILL WATER	3	1.00
3)	BOILERของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง มีหน้าที่อะไร ก. ทำให้ Feed Water เป็นน้ำส่งไปหมุน กังหันตาม Design Temp and Press. ข. ทำให้ Feed Water เป็นน้ำร้อนส่งไปหมุน กังหันตาม Design Temp and Press. ***ค. ทำให้ Feed Water เป็น Steam ส่งไปหมุน กังหันตาม Design Temp and Press.*** ง. ถูกทุกข้อ	2	0.67
4)	BOILER FEED PUMP ส่งน้ำด้วย ความดัน เท่าไร ก. 50 – 75 BAR ***ข. 190 – 200 BAR*** ค. 75 – 100 BAR ง. 140 - 160 BAR	3	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	ผลการพิจารณา	
		$\sum R$	IOC
5)	BOILER โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกงมีแนวคิดใช้เชื้อเพลิงอะไรเป็นเชื้อหลัก ***ก. ก๊าซธรรมชาติจากอ่าวไทย*** ข. น้ำมันดีเซล ค. ถ่านหินลิกไนต์ ง. ถูกทุกข้อ	**2**	**0.67**
6)	BOILERโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกงสามารถใช้เชื้อเพลิงอะไรบ้าง ก. ก๊าซธรรมชาติจากอ่าวไทย ข. น้ำมันเตา ค. ถ่านหินลิกไนต์ ***ง. ถูกทั้งข้อ ก. และ ข.***	**3**	**1.00**
7)	BOILER สามารถต้มน้ำผลิตไอน้ำที่ส่งไปใช้งานกับ STEAM TURBINE ที่ ความดันสูงสุด และอุณหภูมิสูงสุด เท่าไร ก. ความดัน ประมาณ 165 BAR และอุณหภูมิ 835 องศาเซนเซียส ***ข. ความดัน ประมาณ 165 BAR และอุณหภูมิ 538 องศาเซนเซียส*** ค. ความดัน ประมาณ 165 BAR และอุณหภูมิ 385 องศาเซนเซียส ง. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง	**3**	**1.00**
8)	น้ำที่ผ่าน LOW PRESSURE HEATER จะทีอุณหภูมิเป็นเท่าไร ***ก. 155 องศาเซนเซียส*** ข. 170 องศาเซนเซียส ค. 190 องศาเซนเซียส ง. 180 องศาเซนเซียส	**3**	**1.00**
9)	Steam Drum มีหน้าที่ทำอะไรบ้าง ก. จัดเตรียมไว้เป็นถังเก็บน้ำของ Boiler ข. เป็นที่แยกน้ำออกจาก Steam ค. ลดสารแขวนลอยที่มีอยู่ใน Boiler Water ***ง. ถูกทุกข้อ***	**2**	**0.67**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	ผลการพิจารณา	
		$\sum R$	IOC
10)	BOILER WATER CIRCULATING PUMP (BCP)ทำหน้าที่อะไร ***ก. ส่งน้ำไปยัง Lower Drum และเฉลี่ยไปเข้า Water Wall และ Evaporatorตลอดเวลา*** ข. ส่งน้ำไปยัง Shell และเฉลี่ยไปเข้า Water Wall และ Evaporator ตลอดเวลา ค. ส่งน้ำไปยัง Upper Drum และเฉลี่ยไปเข้า Water Wall และ Evaporator ตลอดเวลา ง. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง	3	1.00
11)	กังหันไอน้ำ (Main Turbine ทำหน้าที่อะไร ***ก. เปลี่ยนแปลงพลังงานศักดิ์ของไอน้ำเป็นพลังงานกล เพื่อหมุน Generator*** ข. เปลี่ยนแปลงพลังงานจลของไอน้ำเป็นพลังงานกล เพื่อหมุน Generator ค. เปลี่ยนแปลงพลังงานศักดิ์ของน้ำเป็นพลังงานกล เพื่อหมุน Generator ง. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง	2	0.67
12)	Turbine และ Generator หมุนได้ด้วย ไอน้ำความดันสูงจากไหน ก. Condenser ข. Heater ***ค. Boiler*** ง. ถูกทุกข้อ	3	1.00
13)	TURBINE ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกงเป็นชนิดใด ก. FIXE - TURBINE ***ข. TANDEM – COMPOUND TURBINE*** ค. ROTATING TURBINE ง. NON – COMPOUND TURBINE	2	0.67
14)	ROTOR TURBINE มีใบ BLADEอุปกรณ์อะไรติดตั้งอยู่ ก. HTR ข. TD BFP ***ค. HP-IP , LPA ,LP B*** ง. MD BFP	3	1.00
15)	TURBINE เป็นระบบ อะไร ก. CONDENSING ,SUPERHEAT, FOUR - FLOW ข. CONDENSATE , REHEAT , FOUR - FLOW ***ค. CONDENSING ,REHEAT, FOUR - FLOW*** ง. CONDENSER ,REHEAT, FOUR - FLOW	3	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	ผลการพิจารณา	
		$\sum R$	IOC
16)	TURBINE หมุน GENERATOR ให้กำลังการผลิต สูงสุด ได้เท่าไร ***ก. 600 MW*** ข. 400 MW ค. 300 MW ง. 200 MW	3	1.00
17)	ไอน้ำอิ่มตัวยิ่งยวด ความดันสูง ไปขับ TURBINE ณ. จุดไหนเป็นจุดแรก ก. LP TURBINE ข. IP TURBINE ***ค. HP TURBINE*** ง. HTR TURBINE	2	0.67
18)	ไอน้ำอิ่มตัวยิ่งยวดความดันสูงผ่านHP TURBINE(High Pressure Turbine) แล้ว ความดันเหลือเท่าไร ก. 65 – 70 BAR ***ข. 35 – 40 BAR*** ค. 55 – 60 BAR ง. 15 - 20 BAR	3	1.00
19)	ไอน้ำอิ่มตัวยิ่งยวดความดันสูงผ่านHP Turbine(High Pressure Turbine)แล้วอุณหภูมิลดลงเป็นเท่าไร ก. องศาเซนเซียส ข. 240 องศาเซนเซียส ***ค. 340 องศาเซนเซียส*** ง. 440 องศาเซนเซียส	3	1.00
20)	ไอน้ำอิ่มตัวยิ่งยวดความดันสูงอุณหภูมิจะกลับมาเป็น538 องศาเซนเซียสอีกครั้งต้องผ่าน COIL อะไร ***ก. Reheat Coil*** ข. Super Heat Coil ค. Lower Heat Coil ง. Up Heat Coil	3	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	ผลการพิจารณา	
		$\sum R$	IOC
21)	Generator จะแปลงพลังงานอะไร เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้สนามแม่เหล็กหมุนตัดขดลวด ก. พลังงานไอน้ำ ***ข. พลังงานกล*** ค. พลังงานศักดิ์ ง. ถูกทุกข้อ	3	1.00
22)	Generator ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกงจ่ายไฟ Voltage ขนาดเท่าไร ***ก. 22 KV.*** ข. 220 V ค. 230 KV ง. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง	3	1.00
23)	3. GENERATOR โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกงมีกี่ขั้ว ก. แบบ 20 ขั้ว ต่อ UNIT ข. แบบ 8 ขั้ว ต่อ UNIT ค. แบบ 4 ขั้ว ต่อ UNIT ***ง. แบบ 2 ขั้ว ต่อ UNIT***	2	0.67
24)	Excitation จ่ายกระแสไฟ DC เข้าที่ไหนของ GENERATOR ก. ไม่จ่ายเข้า GENERATOR ข. GENERATOR STATOR และ ROTOR ***ค. GENERATOR ROTOR*** ง. GENERATOR STATOR	3	1.00
25)	Generator ประกอบด้วยอะไรเป็นอุปกรณ์สำคัญในการผลิตไฟฟ้า ก. Generator ข. Excitation system ค. Boiler ***ง. ถูกทั้ง ก. และ ข.***	3	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	ผลการพิจารณา	
		$\sum R$	IOC
26)	หม้อแปลงไฟฟ้า (Gen. Transformer) เป็นแบบใดและ Rate เท่าไร ***ก. Step up 22/230 KV*** ข. Step down 230/22 KV ค. Step up 22/230 V ง. ถูกทั้งหมด	3	1.00
27)	7. Excitation system เป็น อุปกรณ์สร้างอะไร ก. ไฟฟ้า กระพริบ ข. ไฟฟ้า AC ค. ไฟฟ้า แสงสว่าง ***ง. ไฟฟ้า DC***	2	0.67
28)	เมื่อ Turbine หมุน 3000 รอบ GENERATOR หมุนด้วยรอบเท่าไร ***ก. 3000 รอบ*** ข. 6000 รอบ ค. 4000 รอบ ง. 5000 รอบ	3	1.00
29)	Generator อาศัยหลักการทำงานอย่างไรทำให้เหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าออกไปใช้งาน ***ก. การเคลื่อนที่ของแม่เหล็ก (Rotor) ผ่าน ตัวนำ (Stator)*** ข. การเคลื่อนที่ของตัวนำ (Stator) ผ่าน แม่เหล็ก(Rotor) ค. การเคลื่อนที่ของแม่เหล็ก (Rotor) ผ่านเคลื่อนที่ของ ตัวนำ(Stator) ง. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง	3	1.00
30)	โรเตอร์(Rotor)เป็นอะไร ***ก. สนามแม่เหล็กหมุน*** ข. สนามไฟฟ้าหมุน ค. ตัวนำหมุน ง. สนามแม่เหล็กถาวรหมุน	3	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลย : แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์

ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
เฉลย	ก	ก	ค	ข	ก	ง	ข	ก	ง	ก	ก	ค	ข	ค	ค

ข้อ	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
เฉลย	ก	ค	ข	ค	ก	ข	ก	ง	ค	ง	ก	ง	ก	ก	ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 1 แสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบจำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	R	P = R / N	R_U	R_L	D = (R_U - R_L) / (N / 2)	p	q	pq
ข้อที่ 1	17	0.57	11	6	0.33	0.57	0.43	0.25
ข้อที่ 2	16	0.53	11	5	0.40	0.53	0.47	0.25
ข้อที่ 3	16	0.53	11	5	0.40	0.53	0.47	0.25
ข้อที่ 4	13	0.43	9	4	0.33	0.43	0.57	0.25
ข้อที่ 5	13	0.43	10	3	0.47	0.43	0.57	0.25
ข้อที่ 6	13	0.43	9	4	0.33	0.43	0.57	0.25
ข้อที่ 7	16	0.53	11	5	0.40	0.53	0.47	0.25
ข้อที่ 8	19	0.63	12	7	0.33	0.63	0.37	0.23
ข้อที่ 9	16	0.53	11	5	0.40	0.53	0.47	0.25
ข้อที่ 10	17	0.57	12	5	0.47	0.57	0.43	0.25
ข้อที่ 11	18	0.60	12	6	0.40	0.60	0.40	0.24
ข้อที่ 12	16	0.53	11	5	0.40	0.53	0.47	0.25
ข้อที่ 13	17	0.57	12	5	0.47	0.57	0.43	0.25
ข้อที่ 14	18	0.60	12	6	0.40	0.60	0.40	0.24
ข้อที่ 15	15	0.50	10	5	0.33	0.50	0.50	0.25
ข้อที่ 16	17	0.57	11	6	0.33	0.57	0.43	0.25
ข้อที่ 17	13	0.43	10	3	0.47	0.43	0.57	0.25
ข้อที่ 18	13	0.43	10	3	0.47	0.43	0.57	0.25
ข้อที่ 19	15	0.50	10	5	0.33	0.50	0.50	0.25
ข้อที่ 20	17	0.57	12	5	0.47	0.57	0.43	0.25
ข้อที่ 21	19	0.63	12	7	0.33	0.63	0.37	0.23
ข้อที่ 22	17	0.57	12	5	0.47	0.57	0.43	0.25
ข้อที่ 23	19	0.63	12	7	0.33	0.63	0.37	0.23
ข้อที่ 24	17	0.57	12	5	0.47	0.57	0.43	0.25
ข้อที่ 25	15	0.50	10	5	0.33	0.50	0.50	0.25
ข้อที่ 26	18	0.60	12	6	0.40	0.60	0.40	0.24
ข้อที่ 27	15	0.50	10	5	0.33	0.50	0.50	0.25
ข้อที่ 28	16	0.53	12	5	0.47	0.53	0.47	0.25
ข้อที่ 29	16	0.53	11	5	0.40	0.53	0.47	0.25
ข้อที่ 30	16	0.53	11	5	0.40	0.53	0.47	0.25
ค่าเฉลี่ย P		**0.54**		**ค่าเฉลี่ย D**	**0.40**		$\sum$ pq	**7.35**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 2 การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น

ประชากร (n)	X	X^2
คนที่ 1	12	144
คนที่ 2	10	100
คนที่ 3	20	400
คนที่ 4	21	441
คนที่ 5	15	225
คนที่ 6	11	121
คนที่ 7	13	169
คนที่ 8	15	225
คนที่ 9	20	400
คนที่ 10	15	225
คนที่ 11	20	400
คนที่ 12	12	144
คนที่ 13	15	225
คนที่ 14	18	324
คนที่ 15	16	256
คนที่ 16	18	324
คนที่ 17	13	169
คนที่ 18	14	196
คนที่ 19	20	400
คนที่ 20	22	484
คนที่ 21	20	400
คนที่ 22	19	361
คนที่ 23	13	169
คนที่ 24	17	289
คนที่ 25	14	196
คนที่ 26	17	289
คนที่ 27	19	361
คนที่ 28	11	121
คนที่ 29	18	324
คนที่ 30	15	225
คะแนนรวม	$\sum x = 483$	$\sum x^2 = 8107$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) วิเคราะห์หาค่าระดับความยากง่าย

แทนค่าลงในสมการสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538: 210 -211)

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ

P = ค่าความยากง่าย

R = จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก

N = จำนวนคนที่ทำข้อสอบทั้งหมด

ขอบเขตของค่า P และความหมาย

0.80 ~ 00 เป็นข้อสอบง่ายมาก

0.60 ~ 79 เป็นข้อสอบค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)

0.40 ~ 59 เป็นข้อสอบยากง่ายพอเหมาะดี (ใช้ได้ดี)

0.20 ~ 39 เป็นข้อสอบค่อนข้างยาก

0.00 ~ 19 เป็นข้อสอบยากมาก

(2) วิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก

แทนค่าลงในสมการสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.2538: 210-211)

$$D = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ

D = อำนาจจำแนกของข้อสอบ

R_U = จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง

R_L = จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน

N = จำนวนผู้เรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

ขอบเขตของค่า D และความหมาย

0.40 ขึ้นไป	อำนาจจำแนกสูง	คุณภาพดีมาก
0.30 – 0.39	อำนาจจำแนกปานกลาง	คุณภาพดีพอสมควร
0.20 – 0.29	อำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ	คุณภาพพอใช้ได้
0.00 – 0.19	อำนาจจำแนกต่ำ	คุณภาพใช้ไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น

โดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder Richardson (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542:145)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2}\right]$$

และ

$$S_t^2 = \frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

เมื่อ

r_{tt} = ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

k = จำนวนข้อสอบทั้งหมด

p = สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูก

q = สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิด

S_t^2 = ความแปรปรวนของคะแนนผู้เข้าสอบทั้งหมด

n = จำนวนผู้เข้าสอบ

$\sum x$ = คะแนนรวมของผู้เข้าสอบ

เกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

0.7 – 1.0 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง

0.3 – 0.7 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นปานกลาง

ต่ำกว่า 0.3 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าลงในสมการความแปรปรวนของคะแนนผู้เข้าสอบทั้งหมด

$$S_t^2 = \frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

$$= \frac{30(8107) - (483)^2}{30(30-1)}$$

$$S_t^2 = 11.40$$

แทนค่าเพื่อหาค่าความเชื่อมั่น

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2}\right]$$

$$= \frac{30}{(30-1)}\left[1 - \frac{7.35}{11.40}\right]$$

$$r_{tt} = 0.37$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง</u>

(แบบทดสอบมีทั้งหมด 20 ข้อ 20 คะแนน)

<u>คำชี้แจง</u> จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว โดยกาเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

---

1) BOILERของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง มีหน้าที่อะไร
   - ก. ทำให้ Feed Water เป็นน้ำส่งไปหมุน กังหันตาม Design Temp and Press.
   - ข. ทำให้ Feed Water เป็นน้ำร้อนส่งไปหมุน กังหันตาม Design Temp and Press.
   - ค. ทำให้ Feed Water เป็น Steam ส่งไปหมุน กังหันตาม Design Temp and Press.
   - ง. ถูกทุกข้อ

2) BOILER มีส่วนประกอบอะไรเป็นส่วนสำคัญ
   - ก. เตา ของ BOILER
   - ข. BOILER DRUM(STEAM DRUM)
   - ค. BOILER WATER CIRCULATING PUMP (BCP)
   - ง. ถูกทุกข้อ

3) BOILER โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกงมีแนวคิดใช้เชื้อเพลิงอะไรเป็นเชื้อหลัก
   - ก. ก๊าซธรรมชาติจากอ่าวไทย
   - ข. น้ำมันดีเซล
   - ค. ถ่านหินลิกไนต์
   - ง. ถูกทุกข้อ

4) BOILER สามารถต้มน้ำผลิตไอน้ำที่ส่งไปใช้งานกับ STEAM TURBINE ที่ ความดันสูงสุดและอุณหภูมิสูงสุด เท่าไร
   - ก. ความดัน ประมาณ 165 BAR และอุณหภูมิ 835 องศาเซนเซียส
   - ข. ความดัน ประมาณ 165 BAR และอุณหภูมิ 538 องศาเซนเซียส
   - ค. ความดัน ประมาณ 165 BAR และอุณหภูมิ 385 องศาเซนเซียส
   - ง. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง

5) Boiler ทั้งหมด ถูกติดตั้งอยู่แบบไหน
   - ก. วางไว้อยู่บนส่วนบนของโครงสร้างยึดน็อต
   - ข. แขวนไว้กับส่วนล่างของโครงสร้าง ด้วยแขนเหล็กซึ่งยึดติดกับ Spring Hamger
   - ค. แขวนไว้กับส่วนบนของโครงสร้าง ด้วยแขนเหล็กซึ่งยึดติดกับ Spring Hamger
   - ง. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง

6) Steam Drum มีหน้าที่ทำอะไรบ้าง
   - ก. จัดเตรียมไว้เป็นถังเก็บน้ำของ Boiler
   - ข. เป็นที่แยกน้ำออกจาก Steam
   - ค. ลดสารแขวนลอยที่มีอยู่ใน Boiler Water
   - ง. ถูกทุกข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง</u>

(แบบทดสอบมีทั้งหมด 20 ข้อ 20 คะแนน)

<u>คำชี้แจง</u> จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว โดยกาเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

---

7) Turbine และ Generator หมุนได้ด้วย ไอน้ำความดันสูงจากไหน

ก. Condenser

ข. Heater

ค. Boiler

ง. ถูกทุกข้อ

8) Rotor turbine มีใบ BLADEอุปกรณ์อะไรติดตั้งอยู่

ก. HTR

ข. TD BFP

ค. HP-IP, LPA, LP B

ง. ถูกทุกข้อ

9) HP-IP TURBINE มี กี่ Stage

ก. 20 Stage

ข. 8 Stage

ค. 11 Stage

ง. ถูกทุกข้อ

10) Condensate pump มีหน้าที่อะไร

ก. สูบน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำ (Hot Well) หลังจากที่หมุน TURBINE

ข. สูบน้ำที่OUT FU มาผ่าน Cooling Tower ระบายความร้อนก่อนปล่อยลงแม่น้ำ

ค. สูบน้ำที่แม่น้ำบางปะกงมาระบายความร้อนใน Condenser

ง. ถูกทุกข้อ

11) Condenser มี กี่ SHELL

ก. 2 SHELL มี HOTWELL

ข. 4 SHELL มี HOTWELL

ค. 3 SHELL มี HOTWELL

ง. ถูกทุกข้อ

12) น้ำอุ่นจาก Deaerator Heater จะถูกส่งเข้าสู่ Boiler Drum ด้วย Pump อะไร

ก. Motor Driven Boiler Feed Pump

ข. Turbine Driven Boiler Feed Pump

ค. Condensate Pump

ง. ถูกทั้งข้อ ก. และ ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง</u>

(แบบทดสอบมีทั้งหมด 20 ข้อ 20 คะแนน)

<u>คำชี้แจง</u> จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว โดยกาเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

13) Generator จะแปลงพลังงานอะไร เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้สนามแม่เหล็กหมุนตัดขดลวด

ก. พลังงานไอน้ำ

ข. พลังงานกล

ค. พลังงานศักดิ์

ง. ถูกทุกข้อ

14) Generator ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกงจ่ายไฟ Voltage ขนาดเท่าไร

ก. 22 KV.

ข. 220 V

ค. 230 KV

ง. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง

15) Generator ระบายความร้อน ด้วยอะไร

ก. อากาศ ธรรมชาติ

ข. ก๊าซไนโตรเจน

ค. ก๊าซไฮโดรเจน Pressure 4.2 bar

ง. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง

16) Generator ประกอบด้วยอะไรเป็นอุปกรณ์สำคัญในการผลิตไฟฟ้า

ก. Generator

ข. Excitation system

ค. Boiler

ง. ถูกทั้ง ก. และ ข.

17) หม้อแปลงไฟฟ้า (Gen. Transformer) เป็นแบบใดและ Rate เท่าไร

ก. Step up 22/230 KV

ข. Step down 230/22 KV

ค. Step up 22/230 V

ง. ถูกทั้งหมด

18) เมื่อ Turbine หมุน PMG จะผลิตอะไร

ก. เส้นแรงแม่เหล็ก

ข. กระแสไฟฟ้า AC

ค. กระแสไฟฟ้า DC

ง. ถูกทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

(แบบทดสอบมีทั้งหมด 20 ข้อ 20 คะแนน)

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว โดยกาเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

19) Generator อาศัยหลักการทำงานอย่างไรทำให้เหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าออกไปใช้งาน

ก. การเคลื่อนที่ของแม่เหล็ก (Rotor) ผ่าน ตัวนำ(Stator)

ข. การเคลื่อนที่ของตัวนำ (Stator) ผ่าน แม่เหล็ก(Rotor)

ค. การเคลื่อนที่ของแม่เหล็ก (Rotor) ผ่านเคลื่อนที่ของ ตัวนำ(Stator)

ง. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง

20) โรเตอร์(Rotor)มีขดลวดตัวนำฝังอยู่ในร่องรอบแกนโรเต้อร์เป็นแผ่นเหล็กขนาดเท่าไร

ก. เหล็กซิลิกอน ขนาดหนา 0.35 – 0.5 มม.

ข. เหล็กซิลิกอน ขนาดหนา 0.05 – 0.25 มม.

ค. เหล็กซิลิกอน ขนาดหนา 0.05 – 0.15 มม.

ง. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง

เฉลย : แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ บทเรียนคอมพิวเตอรช่วยอบรม

ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
เฉลย	ค	ง	ก	ข	ค	ง	ค	ค	ค	ก	ก	ง	ข	ก	ค

ข้อ	16	17	18	19	20
เฉลย	ง	ก	ข	ก	ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

ผลสัมฤทธิ์การทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช 1 คะแนนผลสัมฤทธิ์การทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ประชากร (n = 30)	หน่วยที่ 1 มี 10 ข้อ	หน่วยที่ 2 มี 10 ข้อ	หน่วยที่ 3 มี 10 ข้อ	คะแนนรวม ท้ายบทเรียน (คะแนนรวม 30 คะแนน)	คะแนนรวม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)
	คะแนนเต็ม 10 คะแนน	คะแนนเต็ม 10 คะแนน	คะแนนเต็ม 10 คะแนน	$\sum x$	$\sum F$
1.	7	8	7	22	16
2.	8	7	8	23	17
3.	7	7	6	20	16
4.	6	7	8	21	17
5.	8	9	8	25	16
6.	8	8	9	25	16
7.	8	9	9	26	17
8.	7	8	8	23	18
9.	9	8	8	25	17
10.	8	8	8	24	17
11.	9	8	8	25	16
12.	7	9	9	25	17
13.	9	9	9	27	18
14.	8	8	9	25	16
15.	8	9	8	25	16
16.	9	8	9	26	17
17.	9	7	9	25	17
18.	9	9	9	27	16
19.	8	8	8	24	15
20.	8	9	8	25	17
21.	9	8	9	26	17
22.	9	8	8	25	18
23.	9	8	8	25	16
24.	8	8	9	25	16
25.	8	8	9	25	16
26.	9	9	8	26	17
27.	9	8	8	25	18
28.	9	8	9	26	17
29.	8	8	9	25	17
30.	8	9	8	25	16
ค่าเฉลี่ยรวม	8.20	8.17	8.33	24.70	16.67
			ค่าคะแนนรวม	741	500

แทนค่าเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน โดยใช้สูตร E1/E2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2543:491)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E1 = \left[\frac{\sum X/n}{A}\right] \times 100$$

$$E2 = \left[\frac{\sum F/n}{B}\right] \times 100$$

เมื่อ

E1 = แทน ประสิทธิภาพของกระบวนอบรม

E2 = แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum X$ = แทน คะแนนรวมของการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

$\sum F$ = แทน คะแนนรวมของการทำแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการอบรม

n = แทน จำนวนผู้เรียน

A = แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

B = แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการอบรม

แทนค่าสูตร

$$E1 = \left[\frac{\sum x/n}{A}\right] \times 100$$

$$= \left[\frac{741/30}{30}\right] \times 100$$

$$E1 = 82.33$$

$$E2 = \left[\frac{\sum F/n}{B}\right] \times 100$$

$$= \left[\frac{500/30}{20}\right] \times 100$$

$$E2 = 83.33$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

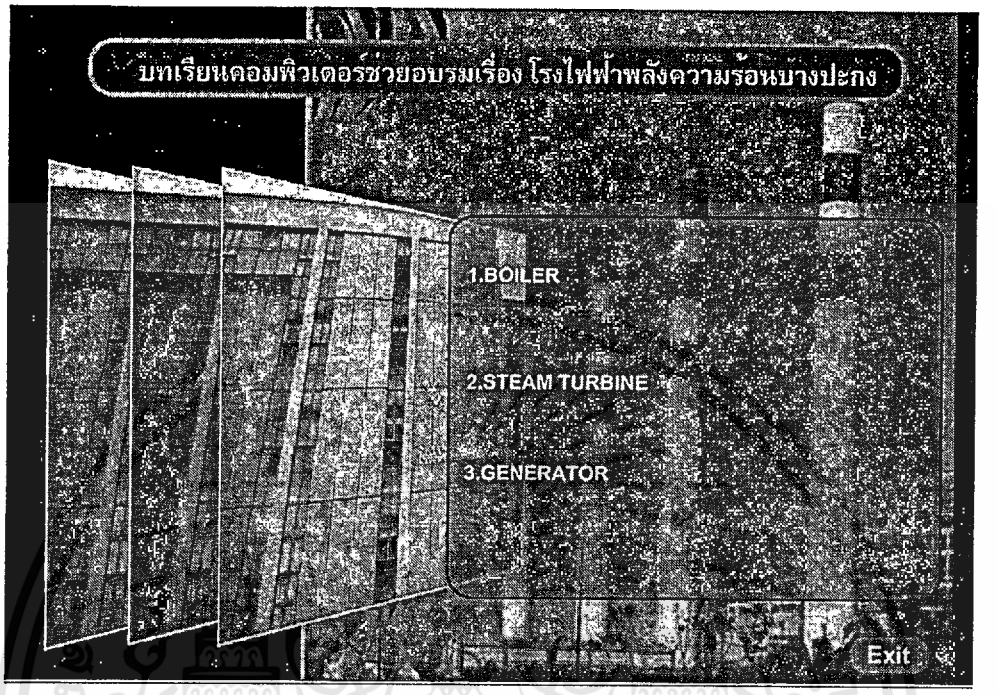
ภาคผนวก ซ

ตัวอย่างโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม
เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

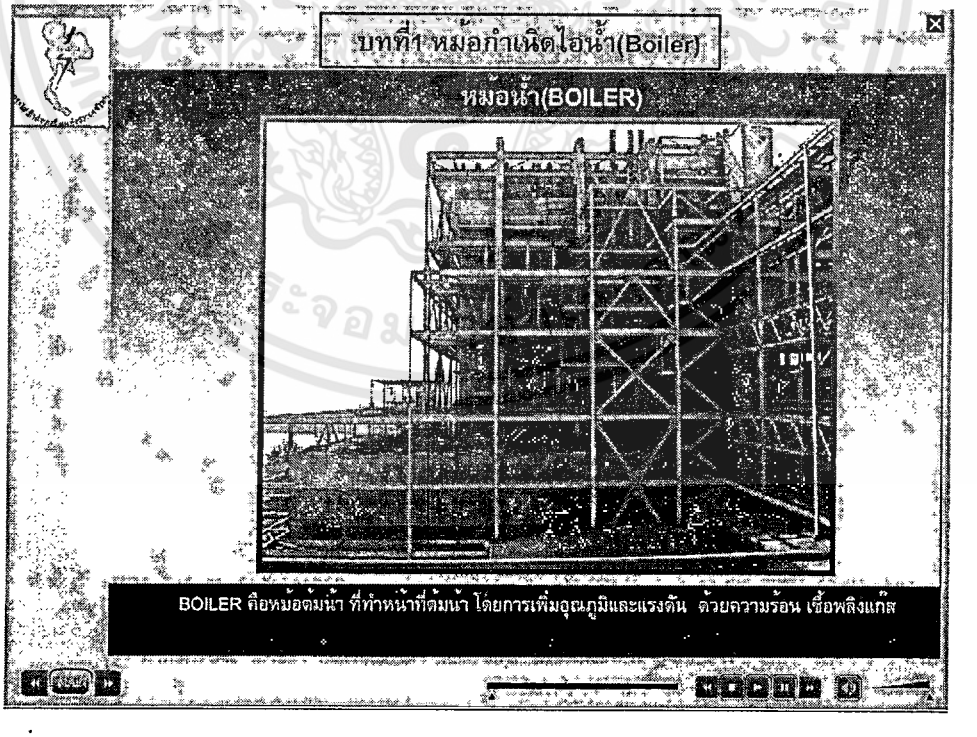
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตัวอย่าง</u> บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง

➢ **<u>เข้าสู่หน่วยการเรียน</u>**

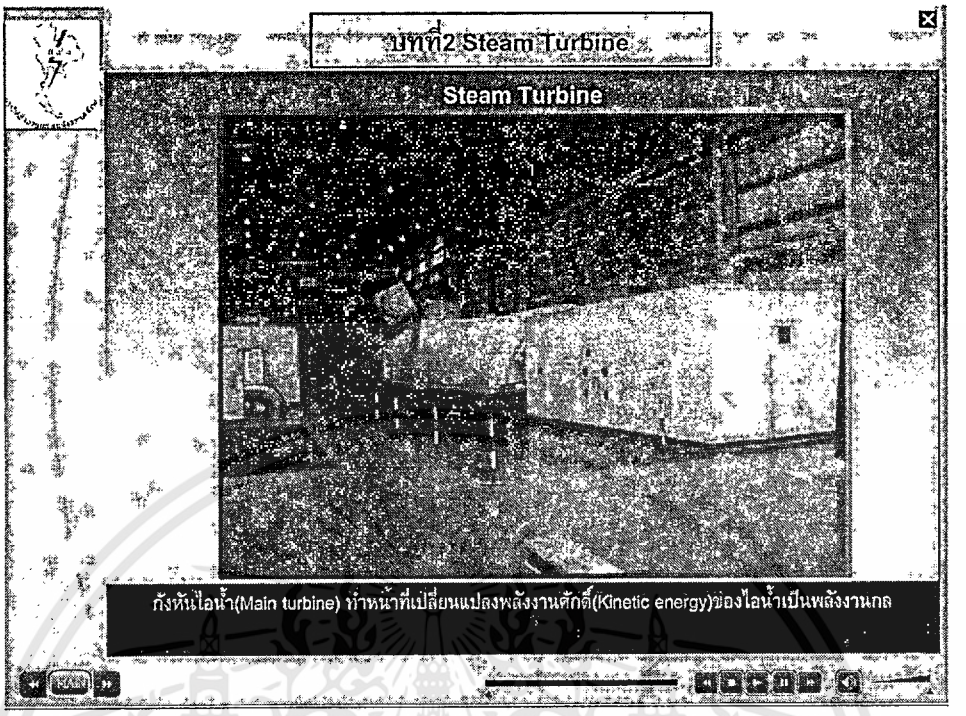


➢ **<u>หน่วยการเรียนที่ 1</u>**

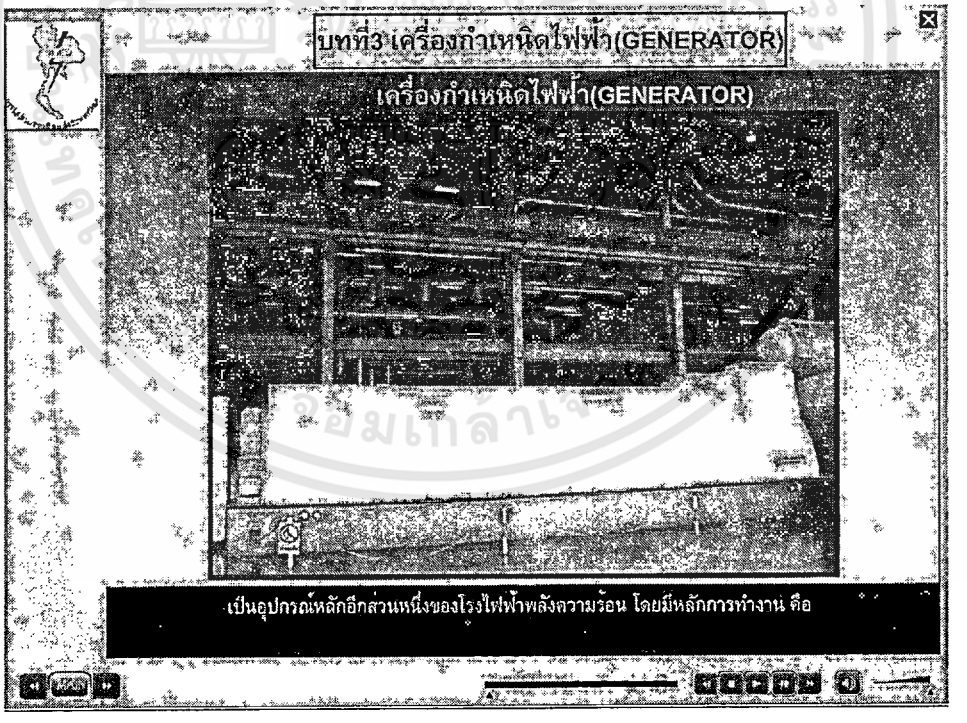


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

➢ **หน่วยการเรียนที่ 2**



➢ **หน่วยการเรียนที่ 3**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล : นายสำราญ ฟักเหลือง

วัน เดือน ปี เกิด : วันที่ 1 มกราคม 2499

สถานที่อยู่ภูมิลำเนา : 8/186 ซอย พหลโยธิน 54/1 แยก 1 (ม.ศิรินคร) แขวงสายไหม เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร มือถือ 081- 3325754

สถานที่ทำงาน : โรงไฟฟ้าบางปะกง ต. ท่าข้าม อ.บางปะกง จ. ฉะเชิงเทรา 24130

ตำแหน่ง : ช่างระดับ 7

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมตอนต้น : ม.3 โรงเรียนวัดพระศรีมหาธาตุ สาธิตวิทยาลัยครูพระนคร อ.บางเขน จ.กรุงเทพมหานคร

ระดับมัธยมตอนปลาย : ปวช. สาขาช่างไฟฟ้า การช่างมีนบุรี จ. กรุงเทพมหานคร

ระดับอนุปริญญา : ปวส. สาขาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยช่างกลพระนครเหนือ จ. กรุงเทพมหานคร

ระดับปริญญาตรี : อส.บ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาศรีปทุม จ. กรุงเทพมหานคร

ระดับปริญญาโท : ค.อ.ม. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้