หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงน้ำมัน

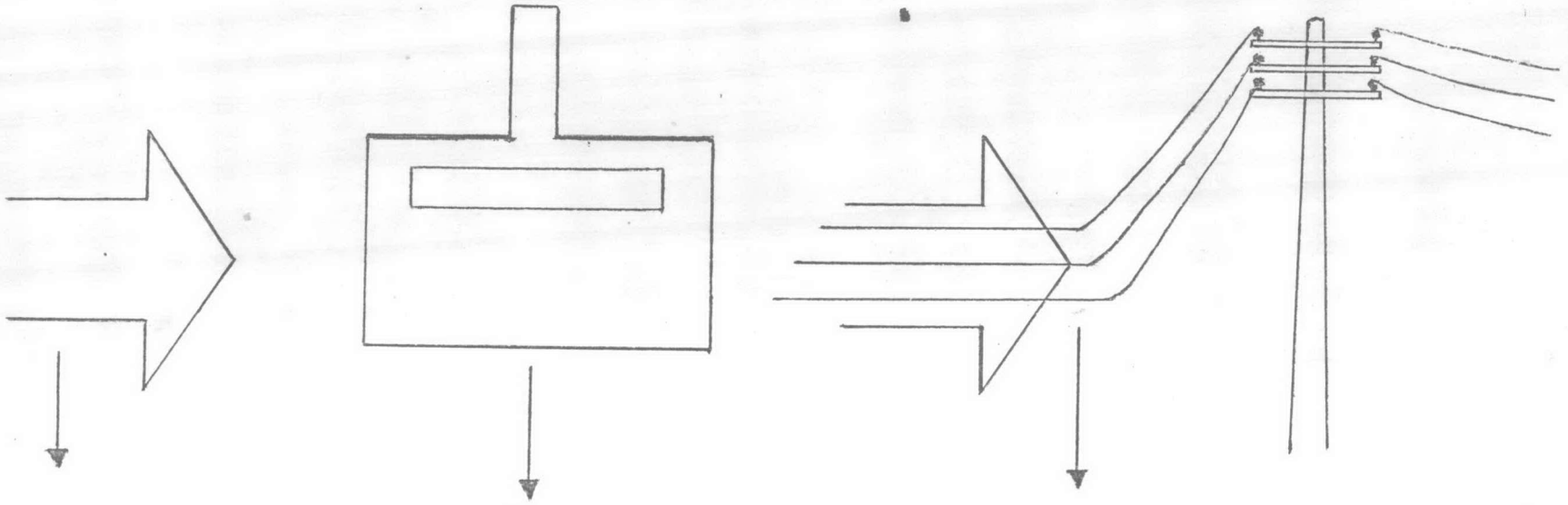
3.1 หลักการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงน้ำมัน

การผลิตไฟฟ้านั้นต้องอาศัยต้นพลังงาน (Energy Source) และอุปกรณ์เปลี่ยนต้นพลังงาน (Convertor) ให้เป็นไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 8 ต้นพลังงานที่กล่าวถึงคือ พลังงานความร้อนซึ่งได้มาจากเชื้อเพลิงหลายประเภทด้วยกัน เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ไม้ เป็นต้น แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ น้ำมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง น้ำมันเตา ซึ่งเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่มีราคาถูกกว่าน้ำมันประเภทอื่นที่ใช้ในการผลิต

ในการผลิตไฟฟ้าด้วยน้ำมันเชื้อเพลิงนั้น เริ่มขึ้นจากการสันดาปกัน (ปฏิกิริยาทางเคมีชนิดหนึ่ง) ระหว่างน้ำมันกับออกซิเจน เนื่องจากน้ำมันเป็นสารประกอบประเภทไฮโดรคาร์บอนซึ่งมีถ่านร่วมอยู่กับไฮโดรเจน เมื่อเกิดปฏิกิริยาทางสันดาป ไฮโดรเจนจะรวมตัวกับออกซิเจนเกิดเป็นน้ำ และถ่านหรือคาร์บอนจะรวมตัวกับออกซิเจน เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลจากการสันดาปนี้จะทำให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้น พลังงานความร้อนที่ได้จะถูกนำไปต้มน้ำในหม้อน้ำ (Boiler หรือ Steam Generator)จนกระทั่งน้ำเดือดกลายเป็นไอ ไอน้ำนี้จะถูกอัดอยู่ในเนื้อที่จำกัดจนเกิดเป็นแรงดันสูง และจะถูกส่งต่อไปตามท่อเข้าสู่เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ไอน้ำ แรงดันสูงเหล่านี้เมื่อถูกปล่อยออกจากท่อจะมีแรงไปชับดันให้ใบพัดของกังหันไอน้ำหมุน ซึ่งขณะเดียวกันตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ซึ่งใช้แกนร่วมกับกังหันไอน้ำก็จะหมุนไปด้วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็จะผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมาดังแสดงในรูปที่ 9 ไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกส่งออกมายังหม้อแปลงไฟ (Transformer) ซึ่งจะปรับแรงดันให้สูงขึ้นเพื่อความเหมาะสมในการส่งพลังงานไฟฟ้าโดยใช้แรงดันไฟฟ้าสูง (High Voltage) ไปยังจุดที่มีผู้ต้องการ

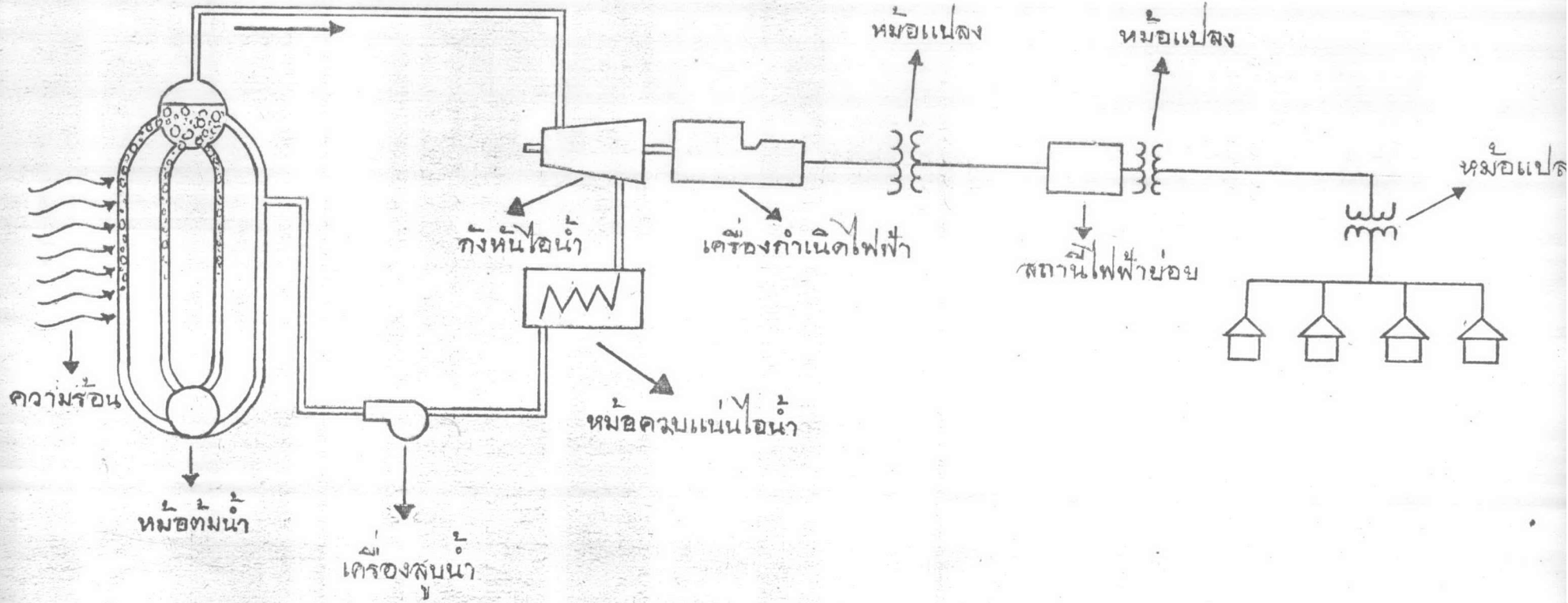
รูปที่ 8

การผลิตพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ ๑

การเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า



ใช้ไฟฟ้าต่อไป ไฟฟ้าแรงดันสูงนี้เมื่อถึงจุดที่กำหนดให้จะมีอุปกรณ์เปลี่ยนแรงดัน (Transformer) เพื่อปรับแรงดันให้ต่ำลงและเหมาะสมเพื่อจะใช้ ณ จุดนั้น ๆ สถานที่ ๆ มีการปรับแรงดันให้สูงขึ้น หรือเปลี่ยนแรงดันให้ต่ำลง รวมทั้งอุปกรณ์ในการจัดส่งพลังงานไฟฟ้านี้เรียกว่าสถานีจ่ายไฟ (Substation) ส่วนระบบที่จะส่งพลังงานไฟฟ้าจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งโดยสายไฟฟ้าแรงสูงนี้เรียกว่าระบบสายส่ง (Transmission)

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

3.2.1 หม้อน้ำ (Boiler หรือ Steam Generator) ลักษณะของหม้อน้ำในระยะแรก ๆ จะประกอบขึ้นด้วยโลหะซึ่งเป็นรูปทรงกลม ทรงกระบอก คล้ายภาชนะใส่น้ำ เพื่อให้สามารถรับความร้อนและทำให้น้ำเดือดจนกลายเป็นไอ ต่อมาได้มีการพัฒนาโดยพยายามจะเพิ่มเนื้อที่ ๆ น้ำสามารถจะได้รับความร้อนจากการสันดาปให้มากที่สุด จึงเปลี่ยนจากภาชนะรูปธรรมดาเป็นรูปภาชนะที่มีช่องสำหรับให้ความร้อนผ่านไปในระหว่างถังน้ำหรือหม้อน้ำ เรียกว่าแบบ Fire Tube ซึ่งใช้ในการเดินรถจักรไอน้ำในระยะแรก ๆ หม้อน้ำแบบนี้สามารถจะผลิตไอน้ำได้มากกว่าแบบธรรมดา ต่อมาได้มีการวิวัฒนาการเพื่อให้หม้อน้ำผลิตไอน้ำได้โดยมีอัตราสูงขึ้นและมีแรงดันมากขึ้นในระยะเท่ากัน เพื่อที่จะสามารถนำแรงดันไอน้ำนี้ไปขับดันกังหันไอน้ำ จึงมีการปรับปรุงหม้อน้ำใหม่เป็นแบบ Water Tube หม้อน้ำแบบ Water Tube นี้จะประกอบด้วยที่ใส่น้ำขนาดใหญ่ที่เรียกว่า ดรัม (Drum) โดยการต่อท่อเล็ก ๆ เป็น Water Tube ลงมาประกอบกันขึ้นเป็นผนังทั้งสี่ด้านเรียงกันโดยรอบ และท่อน้ำเหล่านี้จะถูกจัดเรียงอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถรับความร้อนได้อย่างทั่วถึง ทั้งด้านบนและด้านล่างของหม้อน้ำจะถูกปิดกั้นไว้ เหลือไว้เฉพาะช่องที่ให้อากาศที่มีออกซิเจนเข้าสู่เตา และอากาศร้อนซึ่งเป็นก๊าซร้อน (Hot gas) หรือก๊าซที่เกิดจากการสันดาป (Combustion gas) ออกจากเตาโดยถ่ายเทความร้อนให้แก่ผนังท่อน้ำด้านบนด้วย สำหรับเตาเผาน้ำมัน (Furnace หรือ Combustion Zone) นั้นจัดเป็นส่วนหนึ่งของหม้อน้ำ ประกอบด้วยหัวฉีดน้ำมันซึ่งวางอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ ของเตาตามแต่ผู้ผลิตจะกำหนด อาจจะวางไว้

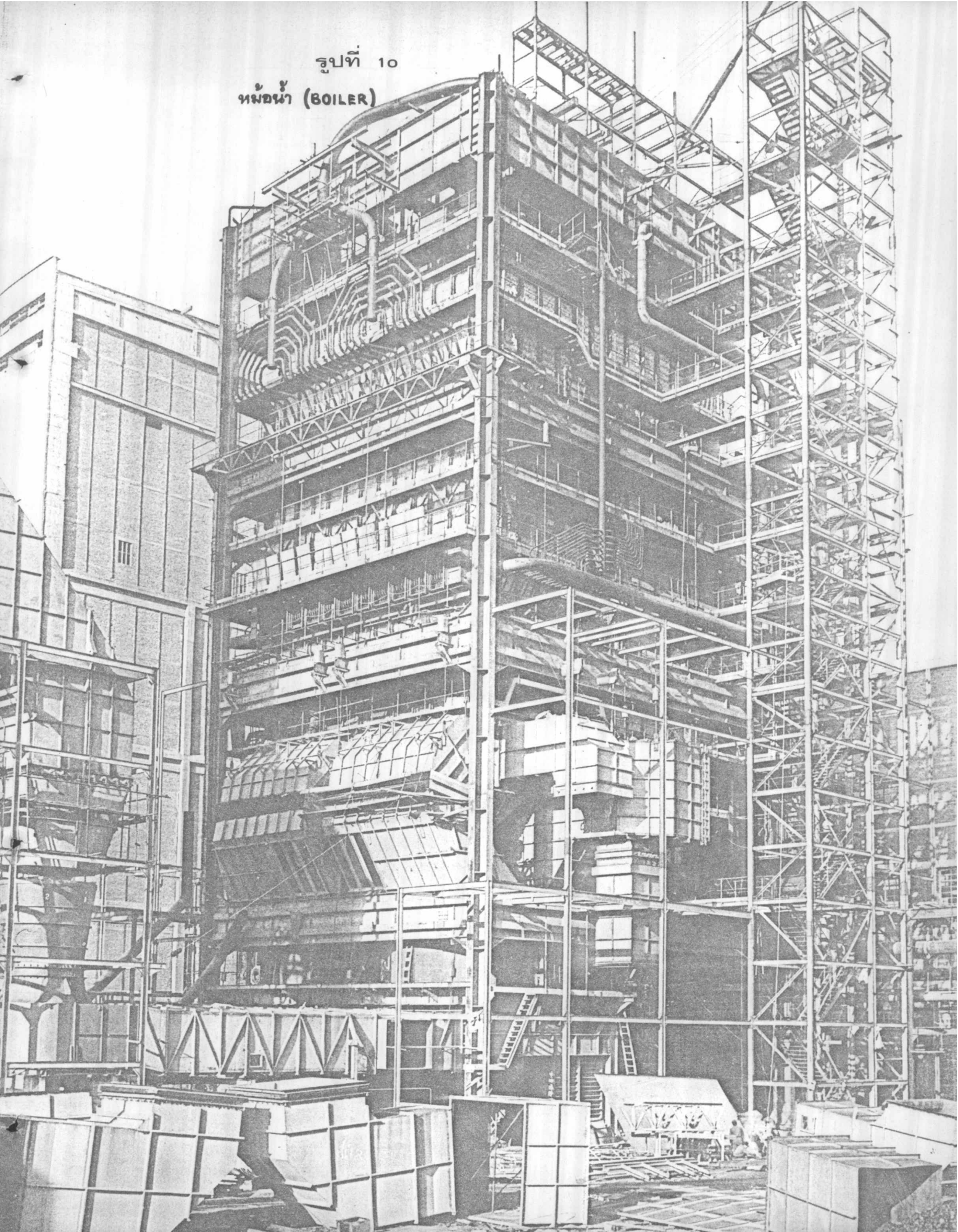
ในตำแหน่งโดยรอบที่มุม เรียกว่า Corner fire หรือตำแหน่งด้านหน้าและด้านหลัง ที่เรียกว่า Front end และ Back end หัวฉีดน้ำมันมีหน้าที่ ๆ จะฉีดน้ำมันเข้าไปในเตาด้วยแรงอัดของลมหรือของไอน้ำ เพื่อให้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นละอองฝอยที่เล็กที่สุดเท่าที่จะเล็กได้ ด้วยเหตุผลที่ว่าละอองน้ำมันเหล่านี้จะสามารถผสมกับออกซิเจนในอากาศเกิดการสันดาปได้ดีที่สุด การจัดหัวฉีดน้ำมันและการควบคุมให้มีการผสมระหว่างปริมาณน้ำมันและปริมาณออกซิเจนที่ถูกต้อง ย่อมเป็นปัจจัยสำคัญในการสันดาปเพื่อให้ได้ความร้อนสูงสุดและเป็นการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด การจัดวางหัวฉีดน้ำมันในตำแหน่งต่าง ๆ จะทำโดยคำนึงถึงการกระจายความร้อนไปยังท่อน้ำซึ่งประกอบเป็นผนังเตาทั้งสี่ด้านได้อย่างทั่วถึง เมื่อจุดเตา น้ำมันที่พ่นออกมาจากหัวฉีดจะลุกไหม้ และให้พลังงานความร้อนออกมา น้ำที่ไหลอยู่ในท่อจะรับความร้อนและเริ่มเปลี่ยนสภาพกลายเป็นไอค่อย ๆ ลอยขึ้นสู่เบื้องบนเนื่องจากมีความถ่วงจำเพาะเบาขึ้น และเมื่อได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอแล้วจะรวมตัวกันอยู่ในส่วนของหม้อน้ำที่เรียกว่า Steam Drum ซึ่งเป็นท่อขนาดใหญ่ปิดหัวท้ายที่เป็นหัวต่อของท่อน้ำเล็ก ๆ ท่อน้ำเล็ก ๆ ทุกท่อจะต้องมีปลายมาต่อเข้าสู่ Steam Drum ไอน้ำที่เกิดขึ้นจากท่อเล็ก ๆ ทุก ๆ ท่อจึงมารวมตัวกันอยู่ใน Steam Drumนี้ เมื่อเกิดแรงดันไอน้ำที่อยู่ใน Steam Drum ก็จะเกิดแรงอัดมากขึ้นจนสามารถจะนำไปใช้งานได้ แต่ในการผลิตพลังงานไฟฟ้านี้ เนื่องจากต้องการประสิทธิภาพสูงสุดจากไอน้ำ จึงจำเป็นต้องนำไอน้ำดังกล่าวผ่านเข้าไปในท่อและผ่านกลับเข้าไปในเตาเผาในหม้อน้ำอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้ไอน้ำเหล่านี้รับความร้อนอีกระยะหนึ่งจนมีอุณหภูมิสูงขึ้นอีกตามความต้องการ (ประมาณ 550° c) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบและขนาดกำลังผลิตของพลังงานไฟฟ้า โดยต้องคำนึงถึงการประหยัดและความปลอดภัยเป็นสำคัญ ไอน้ำเมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนสภาพจากไอเปียก (Saturated steam) เป็นไอแห้ง (Super heated steam) และจะถูกส่งไปตามท่อเพื่อนำไปใช้กับเครื่องกังหันไอน้ำต่อไป หม้อน้ำที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจึงมีลักษณะแตกต่างกับหม้อน้ำซึ่งใช้ในการเดินรถจักรไอน้ำ หรือหม้อน้ำที่ใช้กันในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะหม้อน้ำที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจะมีขนาดใหญ่มากกว่า และมีอุปกรณ์ประกอบมากมาย มีระบบการควบคุมที่ซับซ้อนกว่า เพื่อให้

ได้ทั้งความปลอดภัย ประหยัด และมีประสิทธิภาพสูงในการผลิต รูปหม้อน้ำได้แสดงไว้ในรูปที่ 10 และ 11

3.2.2 กังหันไอน้ำ (Steam Turbine) เป็นอุปกรณ์ที่รับพลังงานจากพลังไอน้ำแล้วเปลี่ยนมาเป็นพลังงานกล (หมุน) โดยแกนกลางและเพลากลางของกังหันไอน้ำนี้จะต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แกนกลางของกังหันไอน้ำจะประกอบติดอยู่กับชิ้นใบพัดหรือกังหันเป็นจำนวนมาก ใบพัดหรือกังหันมีขนาดเล็กหรือใหญ่ตามความเหมาะสม เมื่อไอน้ำจากหม้อน้ำซึ่งมีความร้อนและแรงดันสูงผ่านเข้ามายังเครื่องกังหันไอน้ำ จะผ่านหัวฉีดไอน้ำ หรือที่เรียกว่า Nozzle หัวฉีดดังกล่าวจะฉีดไอน้ำซึ่งมีแรงดันสูงเข้าสู่ใบพัด หรือแผ่นกังหันของกังหันไอน้ำ ปริมาณและความดันของไอน้ำที่มีอยู่มากมายนี้จะพยายามไหลผ่านใบพัดหรือกังหันที่ต่ออยู่เป็นแถว เพื่อไปยังอีกส่วนหนึ่งของกังหันไอน้ำซึ่งมีความดันต่ำกว่า การที่ไอน้ำที่มีแรงดันและมีปริมาณมากมายนี้ไหลผ่านใบพัดของกังหันไอน้ำ จะเป็นทำนองเดียวกับอากาศซึ่งเคลื่อนไหวอยู่รอบ ๆ ตัวเราที่เรียกว่าลมไหลผ่านและทำให้กังหันลมหมุน แต่เนื่องจากแรงดันและปริมาณไอน้ำมีอยู่มากมาย และการออกแบบกังหันไอน้ำก็ทำโดยมีประสิทธิภาพสูง พลังงานไอน้ำจึงสามารถถ่ายเทให้แก่กังหันไอน้ำจนเกิดเป็นพลังงานกล มีแรง (Force) มากมายมหาศาล เช่น โรงไฟฟ้าขนาด 300 เมกกะวัตต์ จะมีกังหันไอน้ำเทียบเท่ากับ 400,000 แรงม้า เครื่องกังหันไอน้ำนี้จะประกอบด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น เพลาแกน ใบพัดกังหัน และเปลือกนอก (Casing) เป็นต้น การจัดระดับของกังหันจะจัดตามแรงดันของไอน้ำ เช่น กังหันไอน้ำแรงดันสูง (High Pressure Turbine) กังหันไอน้ำแรงดันปานกลาง (Intermediate Pressure Turbine) และกังหันไอน้ำแรงดันต่ำ (Low Pressure Turbine) ซึ่งการจัดรูปแบบของกังหันขึ้นอยู่กับจำนวนพลังงานที่ต้องการผลิตและแรงดัน รวมทั้งอุณหภูมิของไอน้ำที่จะนำมาใช้กับกังหันไอน้ำเหล่านี้ ไอน้ำเมื่อผ่านกังหันระดับต่าง ๆ จนถึงกังหันไอน้ำแรงดันต่ำ (Low Pressure Turbine) แล้ว จะถูกจัดให้ไหลผ่านลงสู่เครื่องควบแน่น (Condenser) ซึ่งประกอบด้วยท่อเป็นจำนวนหมื่น ๆ ท่อ และมีน้ำหล่อเลี้ยงอยู่ในท่อซึ่งอาจจะใช้น้ำในแม่น้ำ หรือ น้ำทะเลก็ได้ เพื่อทำให้ท่อเหล่านี้มีอุณหภูมิเย็นเท่ากับอุณหภูมิของน้ำที่ไหลผ่าน

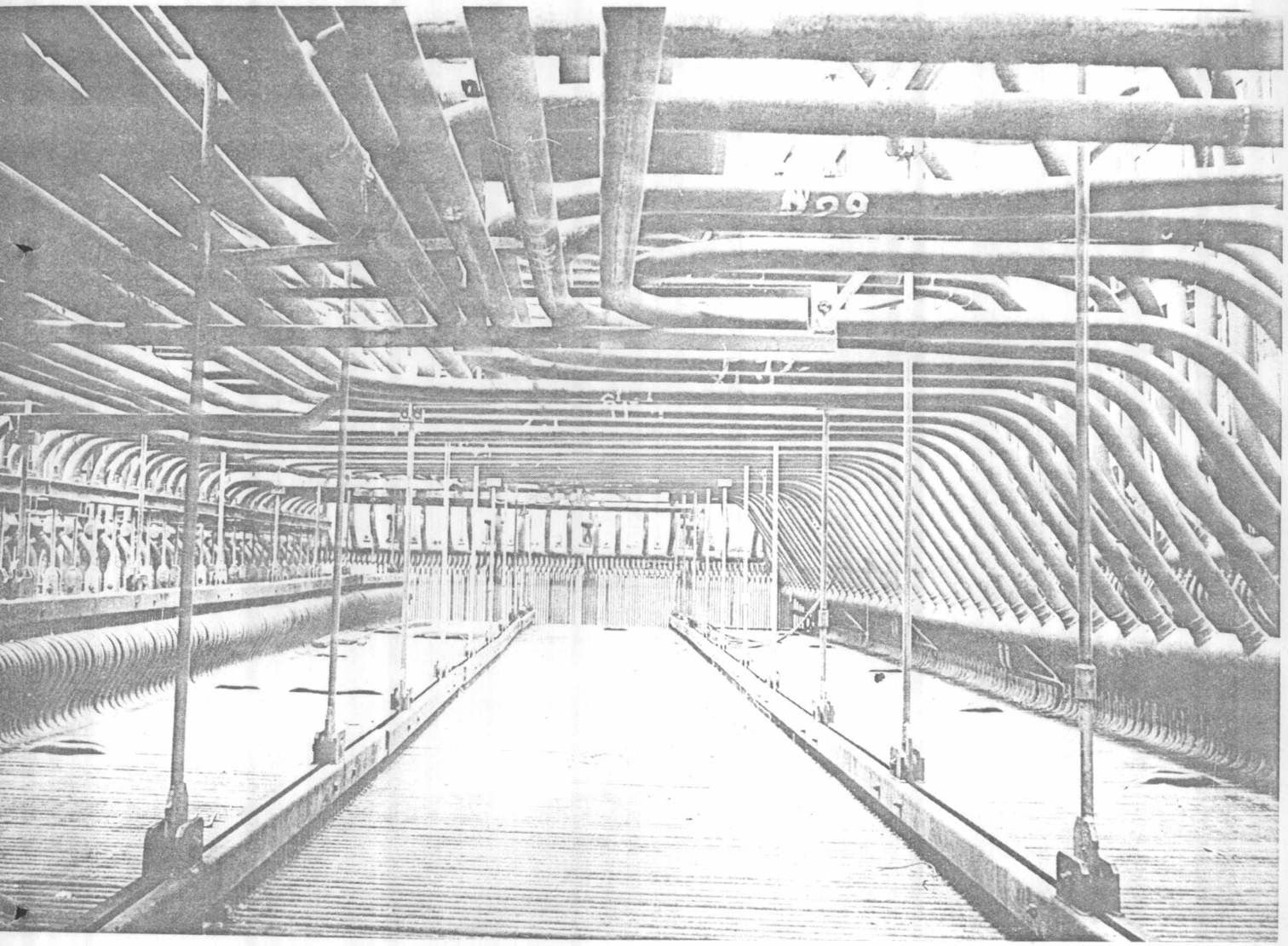
รูปที่ 10

หม้อน้ำ (BOILER)



รูปที่ 11

หม้อน้ำ (BOILER)

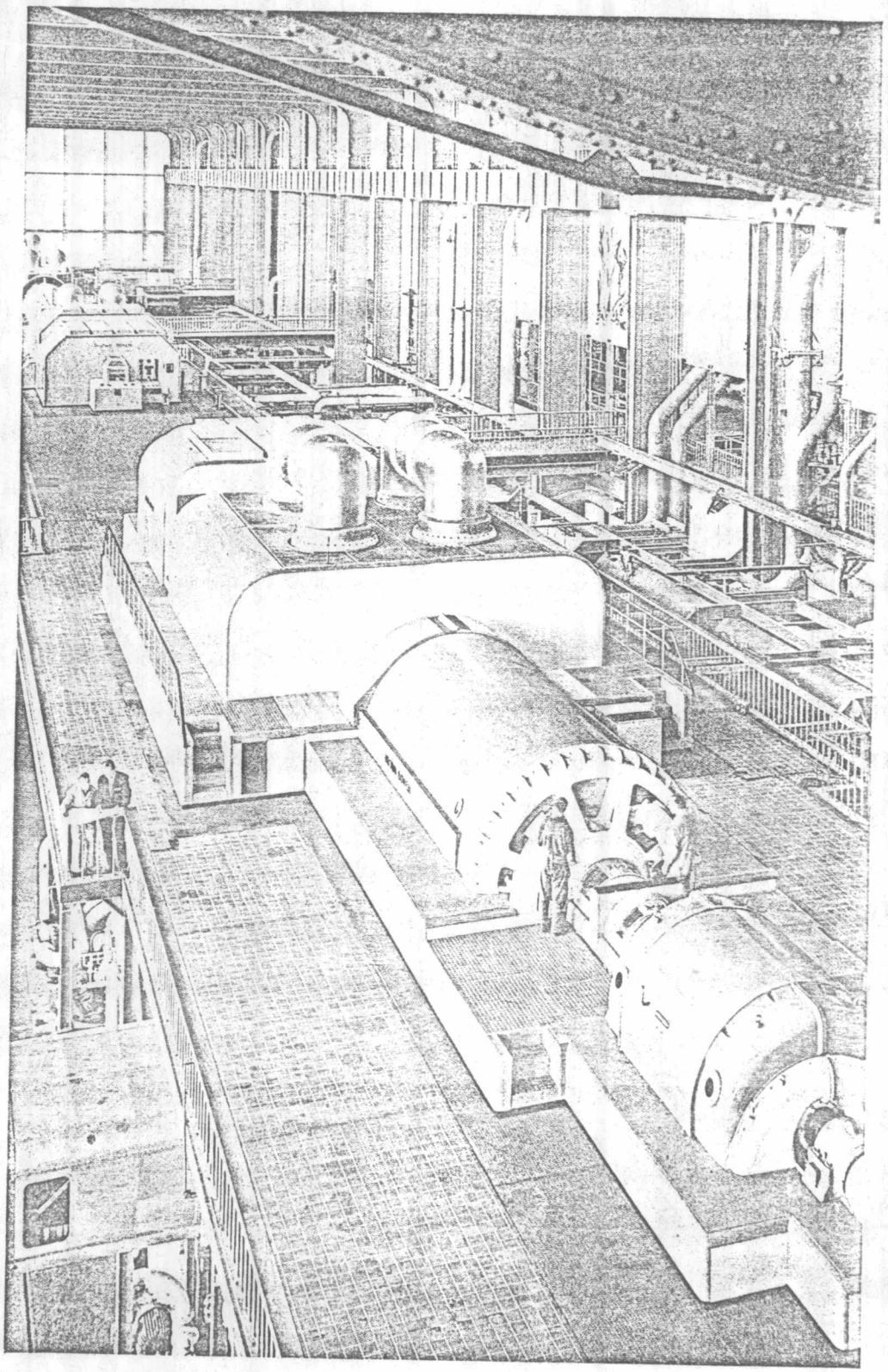


เมื่อไอน้ำผ่านกังหันไอน้ำมาแล้วย่อมมีแรงดันลดลงแต่ยังอยู่ในสภาพไอน้ำ เมื่อไหลมากระทบท่อจะเกิดการควบแน่นกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำ หยดน้ำเหล่านี้จะรวมตัวไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำในเครื่องควบแน่นเพื่อสูบกลับไปยังหม้อน้ำต่อไป การที่เกิดการกลั่นตัวของไอน้ำเป็นหยดน้ำในเครื่องควบแน่นนี้ จะทำให้เกิดที่ว่างขึ้นในเครื่องควบแน่น เนื่องจากไอน้ำซึ่งเป็นแกสมีปริมาตรมากรวมตัวและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำซึ่งมีปริมาตรน้อยและทำให้ความดันในเครื่องควบแน่นต่ำกว่าความดันในบรรยากาศ การที่เครื่องควบแน่นมีความดันต่ำกว่าบรรยากาศในขณะที่ไอน้ำที่ปล่อยออกมาจากหัวฉีดไอน้ำ (Nozzle) ในกังหันไอน้ำช่วงแรก ๆ มีแรงดันสูง จึงเกิดความแตกต่างกันในความดันของไอน้ำ ทำให้ไอน้ำที่มีแรงดันสูงพยายามจะไหลผ่านใบพัดของกังหันไอน้ำไปสู่บริเวณเครื่องควบแน่นซึ่งมีแรงดันต่ำ ทำให้กังหันไอน้ำสามารถหมุนได้เร็วยิ่งขึ้นและมีพลังงานเนื่องจากการหมุนมากขึ้น เนื่องจากเครื่องกังหันไอน้ำเป็นเครื่องอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงมีกำลังหลายแรงม้า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมความเร็ว การหดตัวและการขยายตัวอันเนื่องมาจากอุณหภูมิของไอน้ำ กังหันไอน้ำมีลักษณะพิเศษ กล่าวคือในการเริ่มใช้งานหรือหยุดงานจำเป็นต้องมีช่วงเวลาเพื่อค่อย ๆ ลดอุณหภูมิของกังหันไอน้ำลง และเพื่อให้การขยายตัวหรือการหดตัวของแกนกลางของกังหันไอน้ำเป็นไปด้วยความสม่ำเสมอ การนำเครื่องกังหันไอน้ำที่หยุดแล้วกลับเข้ามาสู่ระบบการผลิตอีกครั้งหนึ่งนั้น จะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 4-8 ชั่วโมง ถ้าเครื่องกังหันไอน้ำหยุดไปเป็นเวลานานอาจจะต้องใช้เวลาในการนำเครื่องเข้าสู่ระบบเป็นเวลาถึง 12 ชั่วโมง กังหันไอน้ำได้แสดงไว้ในรูปที่ 12 และ 13

3.2.3 <u>เครื่องกำเนิดไฟฟ้า</u> (Generator) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักที่ว่า เมื่อตัวนำไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็กจะเกิดแรงดันไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้านั้น หากตัวนำไฟฟ้าเป็นวงจรปิดก็จะเกิดกระแสไหลผ่านตัวนำไฟฟ้านั้น วิธีนี้เรียกว่า Electromagnetic Induction ซึ่งใช้โดยทั่วไปในการผลิตพลังงานไฟฟ้า ขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะคำนวณได้จากสูตร

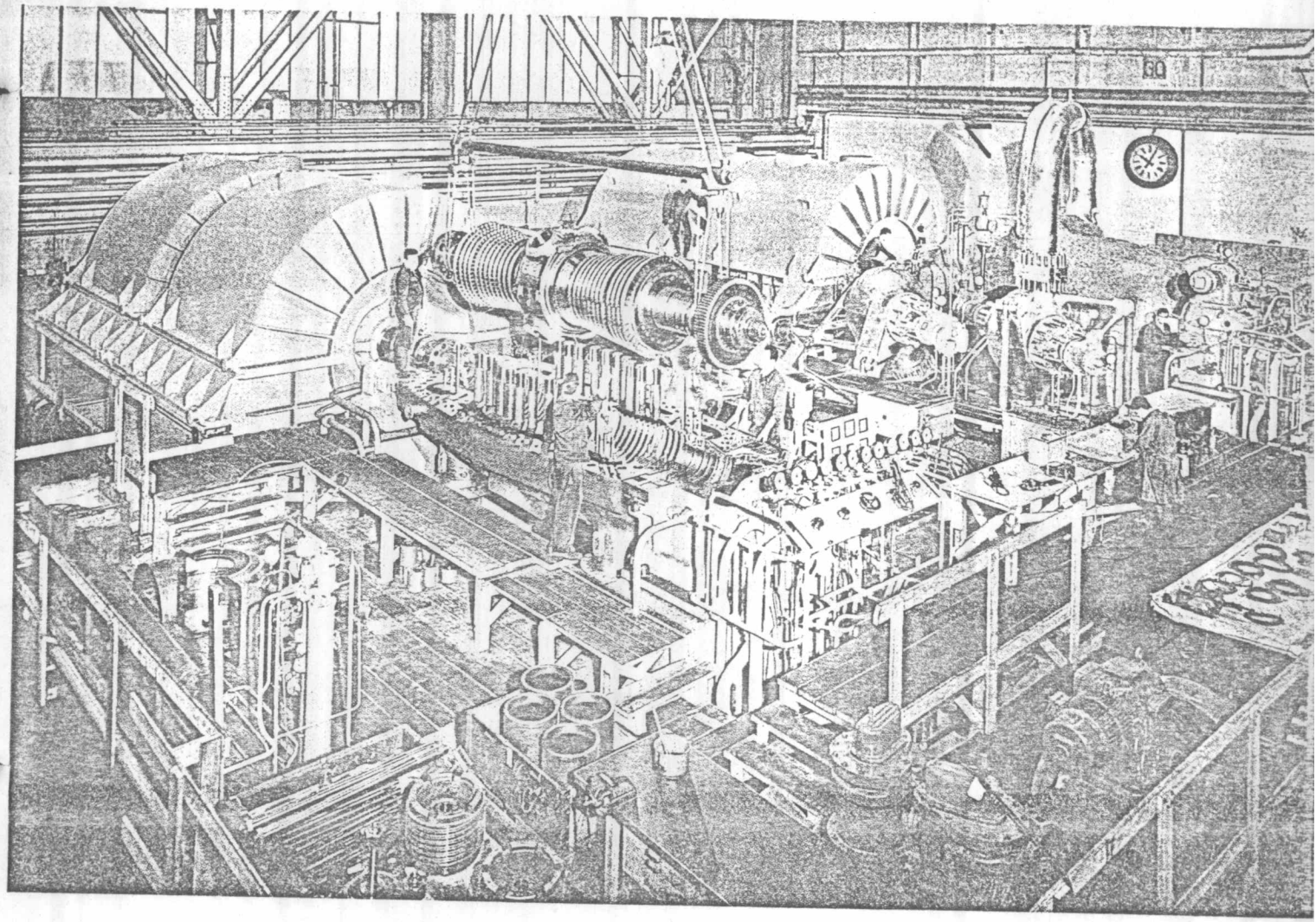
รูปที่ 12

กังหันไอน้ำ (Steam Turbine) และ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)



รูปที่ 13

กังหันไอน้ำ (Steam Turbine)



$e = Blv \times 10^{-8}$[1] โดย

e = แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น Abvolt

B = ความเข้มข้นของสนามแม่เหล็ก หน่วยเป็นเส้นต่อตารางเซ็นติเมตร

l = ความยาวของตัวนำในสนามแม่เหล็ก หน่วยเป็นเซ็นติเมตร

v = ความเร็ว หน่วยเป็นเซ็นติเมตรต่อวินาที

10^{-8} = 1/100,000,000

เนื่องจากตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อเข้ากับแกนกลางของกังหันไอน้ำ จึงสามารถออกแบบให้แกนกลางของกังหันไอน้ำเป็นอุปกรณ์ที่สามารถผลิตสนามแม่เหล็กที่มีกำลังสูง เมื่อแกนกลางของกังหันไอน้ำหมุน สนามแม่เหล็กซึ่งเกิดจากอุปกรณ์ชิ้นส่วนที่ต่อกับแกนกลางของกังหันไอน้ำก็จะหมุนไปด้วย เมื่อสนามแม่เหล็กหมุนผ่านตัวนำไฟฟ้าด้วยความเร็วสูง ตัวนำไฟฟ้าที่ประกอบอยู่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในส่วนที่เรียกว่า Stator ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน และเกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้น หลังจากนั้นจึงต่อแรงดันไฟฟ้าเข้ากับหม้อแปลงไฟ (Transformer) เพื่อปรับแรงดันให้สูงขึ้นเพื่อให้เหมาะสมที่จะส่งพลังงานไฟฟ้านี้ไปใช้ในสถานที่ต่าง ๆ ตามที่ต้องการ เมื่อมีผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าตามจุดต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะอยู่ในภาวะผลิตเกินกำลัง (over load) ชั่วขณะหนึ่ง แรงดันไฟฟ้าและความถี่ของระบบไฟฟ้าจะลดต่ำลง ในภาวะเช่นนี้จะทำให้ความเร็วของแกนกลางของกังหันไอน้ำลดความเร็วลง เพื่อที่จะให้แรงดันไฟฟ้าและความถี่ของระบบไฟฟ้าคงที่ กังหันไอน้ำจำเป็นจะต้องใช้แรงดันไอน้ำและปริมาณไอน้ำสูงขึ้น อุปกรณ์ควบคุมจะทำการเปิดลิ้นไอน้ำ เพื่อเพิ่มปริมาณและแรงดันไอน้ำเข้าสู่กังหันไอน้ำ โดยมีจุดประสงค์

---

[1]Reprinted from Power, Basics Bringing engineering theory down to earth, (330 W. 42 St., New York 36, N.Y., copyright McGraw-Hill Publishing Co., 1958), Electricity : 8.

จะรักษาความเร็วของแกนกลางของกังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้คงที่ เมื่อไอน้ำในหม้อน้ำถูกปล่อยเข้าสู่กังหันไอน้ำมากขึ้น แรงดันไอน้ำในหม้อน้ำจะตกลง อุปกรณ์ควบคุมก็จะเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิง คือ น้ำมันเข้าสู่หม้อน้ำ เพิ่มการสันดาป และเพิ่มความร้อนเพื่อให้น้ำกลายเป็นไอน้ำมากขึ้นและเร็วขึ้น ในภาวะเช่นนี้กล่าวโดยสรุป ถ้ามีผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ก็จำเป็นจะต้องป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่หม้อน้ำ เพื่อให้มีการสันดาปมากขึ้น คือ เพิ่มพลังงานความร้อนนั่นเอง จะเห็นได้ว่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตออกมาได้จะเป็นสัดส่วนกับปริมาณน้ำมันที่จะป้อนเข้าสู่หม้อน้ำเพื่อการสันดาป

นอกจากส่วนประกอบที่สำคัญ ๆ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ ที่จำเป็นจะต้องทำหน้าที่อยู่ในระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้า เช่น เครื่องสูบ (Pump) ทำหน้าที่ผลักดันน้ำให้ไหลอยู่ในท่อน้ำเพื่อรับความร้อนจากเตาเผาน้ำมัน พัดลม ซึ่งทำหน้าที่ป้อนอากาศหรือออกซิเจนเข้าสู่เตา เครื่องควบแน่น (Condenser) ทำหน้าที่กลั่นไอน้ำให้กลายเป็นน้ำเพื่อให้ไหลวนเวียนอยู่ในท่อน้ำและระบบหม้อน้ำ และหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ปรับระบบแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้สูงขึ้นเพื่อให้เหมาะสมในการที่จะส่งพลังงานไฟฟ้าไปตามสายส่งแรงสูงต่อไป

3.3 การก่อสร้างโรงไฟฟ้า

การก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมันขนาดใหญ่นั้นใช้เวลาในการก่อสร้างและติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ประมาณ 3.5-4 ปี แต่เมื่อรวมระยะเวลาตั้งแต่การศึกษาความเหมาะสม (Feasibility study) การเลือกสถานที่ก่อสร้าง (Site selection) การเลือกบริษัทที่ปรึกษาทางด้านวิศวกรรม (Consulting engineer) การทำข้อมูลทางวิศวกรรมขั้นต้น (Preliminary engineering) การเสนอรายละเอียด (Specification) การเปิดประมูล (Bidding) การออกแบบ (Detailed engineering and design) ตลอดจนการทดสอบและการเดินเครื่อง (Plant start-up and testing) จะทำให้ระยะเวลาดังกล่าวเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 6-7 ปี ขั้นตอนของการก่อสร้างพอจะจำแนกได้โดยสังเขปดังนี้

3.3.1 <u>การเลือกสถานที่ก่อสร้าง</u> (Site selection) สถานที่ก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมันนั้นต้องคำนึงถึงความสะดวกในการขนส่ง และต้องมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ ตลอดจนมีผลกระทบกระเทือนต่อประชาชนในบริเวณดังกล่าวน้อยที่สุด ซึ่งพอจะสรุปเป็นหลักเกณฑ์ได้ดังต่อไปนี้

ก. อยู่ในบริเวณซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางการใช้พลังงานหรืออยู่ใกล้บริเวณผู้ใช้ไฟหนาแน่น เช่น แหล่งอุตสาหกรรม หรือ เมืองหลวง เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับค่าสายส่ง เนื่องจากการส่งพลังงานไฟฟ้าในระยะทางไกล ๆ จะต้องลงทุนค่าสายส่ง (Transmission line) เป็นจำนวนค่อนข้างสูงและยังมีการสูญเสียพลังงานในการส่งพลังงานไฟฟ้าไปตามสายส่ง (Loss in Transmission line) อีกด้วย ดังนั้นจึงควรอยู่ใกล้ศูนย์กลางการใช้พลังงาน

ข. มีการคมนาคมสะดวกในการขนส่งอุปกรณ์ที่มีน้ำหนักมาก เนื่องจากโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่มีอุปกรณ์ที่มีน้ำหนักมาก เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อแปลง หม้อน้ำ น้ำหนักดังกล่าวอยู่ในขนาดประมาณ 100-350 ตัน ถ้าเป็นโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ 600 เมกกะวัตต์ อาจจะต้องใช้อุปกรณ์ที่มีน้ำหนักถึง 400 ตัน ฉะนั้นในการเลือกสถานที่ก่อสร้าง ควรจะมีการสำรวจและนำข้อมูลต่าง ๆ มาพิจารณาถึงขนาดของถนน ขนาดของสะพาน ขนาดของแม่น้ำหรือลำน้ำ ความลึกของแม่น้ำที่ใช้ในการเดินเรือได้ ระดับน้ำขึ้นน้ำลง และกำหนดวิธีการขนส่งว่าจะใช้ทางบกหรือทางน้ำ จัดหาอุปกรณ์ เช่น เรือบรรทุกอุปกรณ์หนัก (Pontoon) ท่าเทียบเรือ ปั้นจั่นยกของหนัก รถบรรทุกของหนัก (Trailor) สิ่งเหล่านี้จะมีผลกระทบกระเทือนต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและระยะเวลาในการก่อสร้าง รวมทั้งต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการผลิต เนื่องจากโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่นั้นจำเป็นจะต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 2-3 ล้านลิตร ต่อวันต่อโรงไฟฟ้าหนึ่งโรง หากโรงไฟฟ้าอยู่ไกลเกินไป จะทำให้ต้นทุนการขนส่งสูงมาก

ค. อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำ เพื่อให้มีน้ำสำหรับระบายความร้อนในตัวโรงไฟฟ้าได้อย่างเพียงพอ เช่น อยู่ริมแม่น้ำ หรือริมทะเล และมีอ่างเก็บน้ำจืด เพื่อใช้สำหรับต้มในหม้อน้ำ โดยผ่านกระบวนการกรองน้ำที่เหมาะสม (Water Treatment)

ง. ดินในบริเวณที่จะก่อสร้างต้องมีคุณสมบัติที่แข็งแรง มั่นคง พอที่จะรับน้ำหนักของอุปกรณ์ขนาดใหญ่ได้ หากคุณสมบัติของดินและฐานรากไม่มั่นคง ก็จำเป็นจะต้องศึกษาเพื่อออกแบบในการก่อสร้างฐานรากให้มั่นคงต่อไป

จ. ต้องมีผลกระทบกระเทือนต่อสภาพแวดล้อมในบริเวณใกล้เคียงน้อยที่สุด โดยจัดการสำรวจทางนิเวศน์วิทยา และหาทางป้องกันผลกระทบกระเทือนดังกล่าว

ฉ. อยู่ในที่สูงและไม่ควรมีน้ำท่วม พร้อมทั้งมีการกระจายของอากาศดีพอสมควร

หลังจากเลือกสถานที่ ๆ เหมาะสมแล้ว จะต้องดำเนินการปรับปรุงสถานที่เพื่อเตรียมการก่อสร้างต่อไป เช่น การก่อสร้างเขื่อนริมน้ำ การก่อสร้างท่าเทียบเรือ การทำถนน และการปรับระดับดิน เป็นต้น

3.3.2 <u>การเสนอรายละเอียด</u> (Specification) ผู้ที่จะซื้อโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมันจำเป็นจะต้องระบุถึงความต้องการที่สำคัญ ๆ เกี่ยวข้องกับโรงไฟฟ้านั้น เช่น ชนิดหรือแบบของโรงไฟฟ้า ขนาด กำลังผลิต พลังงานที่ผลิตได้ ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้กับตัวโรงไฟฟ้า อายุการใช้งาน และถ้าเป็นไปได้ควรระบุถึงอุปกรณ์ที่ใช้ทางด้านเทคนิคของตัวโรงไฟฟ้า รวมทั้งพิจารณางานทางด้านสถาปัตยกรรม โครงสร้างด้านกลศาสตร์ และด้านไฟฟ้า เป็นต้น เพื่อที่จะให้มีต้นทุนการก่อสร้างต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นได้ โดยมีคุณภาพและประสิทธิภาพตามต้องการ นอกจากนี้อาจระบุถึงแหล่งเงินทุนที่ใช้ในการซื้ออุปกรณ์ต่าง ๆ ของโครงการ โดยรายละเอียดเหล่านี้จะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในทุก ๆ ด้าน เช่น ขนาดของโรงไฟฟ้าที่ระบุต้องไม่ใหญ่เกินไปจนก่อให้เกิดความไม่มี

เสถียรภาพกับระบบไฟฟ้าในประเทศ ชนิดและแบบของโรงไฟฟ้าก็ต้องเป็นชนิดและแบบที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป และเป็นที่รับรองว่าสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเสนอรายละเอียดโดยทั่ว ๆ ไปจะต้องคำนึงถึงความสามารถในการก่อสร้าง การเดินเครื่อง และการบำรุงรักษาของผู้ปฏิบัติงานที่จำเป็นต้องรับผิดชอบว่ามีความเหมาะสมกับอุปกรณ์นั้น ๆ หรือไม่ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงชิ้นส่วนที่จะใช้เป็นเครื่องอะไหล่ในการซ่อมแซมบำรุงรักษา หากสามารถจะใช้ได้โดยทั่ว ๆ ไปกับโรงไฟฟ้าอื่น ๆ ที่มีอยู่แล้วก็จะเป็นการดียิ่งขึ้น การกำหนดขอบเขตและความรับผิดชอบของผู้ผลิตอุปกรณ์ส่วนต่าง ๆ ซึ่งอาจจะมีมากกว่าหนึ่งราย ควรกำหนดไว้โดยแน่ชัดเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาในภายหลัง การเสนอรายละเอียดควรระบุไว้อย่างกว้าง ๆ สามารถยืดหยุ่นได้พอสมควร เพื่อผู้ผลิตสามารถเสนอแนะเทคนิคใหม่ ๆ มาใช้ในการก่อสร้างและการเดินเครื่องได้ แต่การระบุนั้นก็ต้องไม่กว้างจนเกินไปจนก่อให้เกิดความยุ่งยากในการพิจารณาเปรียบเทียบการประกวดราคา การเสนอรายละเอียดดังกล่าว อาจจะต้องรวมถึงการกำหนดวิธีการขนส่ง จุดที่จะทำการขนส่ง เส้นทางการขนส่ง รวมทั้งการออกหมายกำหนดการแผนงานอย่างคร่าว ๆ (Works schedule) เพื่อให้ผู้ผลิตสามารถทราบความต้องการของผู้ซื้อในการก่อสร้างได้

3.3.3 <u>การเปิดประมูลและเซ็นสัญญา</u> (Bidding and Negotiation) หลังจากระบุรายละเอียดที่ต้องการแล้ว ก็จะเปิดโอกาสให้บริษัททั่วโลกได้ทำการประมูลโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมันนั้น บริษัทที่เสนอขอประมูลจะพยายามเสนอรายละเอียดต่าง ๆ ที่คิดว่าจะเป็นประโยชน์และจูงใจผู้ซื้อโรงไฟฟ้ามากที่สุด เป็นอุปกรณ์ที่ทางบริษัทมีความคุ้นเคยและมีความชำนาญมากที่สุด บางบริษัทอาจจะให้ข้อเสนอที่ไม่ตรงกับรายละเอียดที่ได้ระบุไว้ จึงเป็นหน้าที่ของผู้ซื้อที่จะต้องพิจารณาเลือกบริษัทที่ให้ข้อเสนอได้ใกล้เคียงกับความต้องการมากที่สุด และมีราคาพอสมควรไม่แพงเกินไป รวมทั้งระยะเวลาในการก่อสร้างต้องไม่นานจนก่อให้เกิดความเสียหายต่อแผนการผลิตไฟฟ้า เมื่อผู้ซื้อตกลงเลือกบริษัทได้แล้ว ขั้นต่อไปจะมีการเจรจาต่อรองเกี่ยวกับรายละเอียดต่าง ๆ อีก เมื่อเป็นที่ตกลงแล้ว จึงจะทำการเซ็นสัญญาระบุข้อตกลงต่าง ๆ ที่ทำขึ้นระหว่างผู้ซื้อและผู้ขายโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมันนั้น

3.3.4 การออกแบบผลิตอุปกรณ์ การเขียนแบบ และการขนส่ง (Design Drawing and Transportation) เมื่อบริษัทที่ได้รับคัดเลือกตกลงเซ็นสัญญาแล้ว จะจัดเตรียมข้อมูลและแบบชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ประกอบกันเป็นตัวโรงไฟฟ้าส่งให้ผู้ซื้อหรือบริษัทที่ปรึกษาของผู้ซื้อเพื่อพิจารณา เมื่อมีการแก้ไขแบบ (Shop drawing) จนเป็นที่พอใจของผู้ซื้อและถูกต้องแล้ว แบบต่าง ๆ ก็จะถูกส่งกลับไปให้ผู้ผลิตผลิตอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่าง ๆ ให้เป็นไปตามความต้องการต่อไป ในระหว่างการผลิต บริษัทผู้ผลิตจะต้องส่งรายงานขั้นตอนต่าง ๆ ในการผลิตให้ผู้ซื้อทราบทุกระยะ และยินยอมให้ผู้ซื้อหรือตัวแทนเข้าทำการตรวจสอบ ทดสอบ หรือร่วมทำการทดสอบในขั้นตอนที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพของอุปกรณ์นั้น ๆ เมื่อผลิตเสร็จและทดสอบเป็นที่พอใจแล้ว ผู้ผลิตจะจัดเตรียมบรรจุหีบห่อ ทำเอกสารการส่งของ พร้อมทั้งส่งแบบที่เกี่ยวกับการติดตั้ง (Instruction manual) มาพร้อมกับอุปกรณ์นั้น ๆ

3.3.5 การดำเนินการก่อสร้าง (Construction) งานก่อสร้างแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะขั้นเตรียมงาน และระยะก่อสร้าง ในระยะขั้นเตรียมงานนั้น ขณะที่ดำเนินการจัดเตรียมเสนอรายละเอียดและประกวดราคานั้น งานขั้นเตรียมงานก็สามารถดำเนินไปได้พร้อม ๆ กัน เช่น การปรับระดับหรือถมที่ การทำงานฐานราก การทำถนน เขื่อนริมน้ำ บ้านพัก โรงเก็บพัสดุ โรงประกอบอุปกรณ์ ที่ทำการ เป็นต้น เมื่อผู้ผลิตส่งข้อมูลต่าง ๆ ให้วิศวกรที่ปรึกษามากพอที่จะออกแบบการก่อสร้าง งานระยะก่อสร้างก็จะเริ่มขึ้นโดยการก่อสร้างตัวอาคารโรงไฟฟ้า แท่นเครื่องที่จะติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ ซึ่งจะต้องทำให้เสร็จพร้อมกับที่ผู้ผลิตส่งอุปกรณ์มาถึงเพื่อไม่ให้เกิดการล่าช้า การประสานงานดังกล่าวจะทำได้โดยการวางแผนงานอย่างละเอียด จัดทำหมายกำหนดการแผนงาน (Works Schedule) ทำงบประมาณ กำหนดค่าใช้จ่ายแต่ละปี ศึกษาเกี่ยวกับกระแสเงินสด (Cash flow study) การประมาณจำนวนคนงานที่จะจ้างในระยะเวลาหนึ่งเพื่อป้องกันการจ้างคนงานมากเกินไปหรือขาดคนงานในระยะเวลาที่ต้องการคนงาน จัดหาเครื่องมือเครื่องใช้และวัสดุที่จะใช้ในการก่อสร้าง คอยติดตามและ

เร่งรัดการขนส่งอุปกรณ์ของผู้ผลิต การดำเนินการดังกล่าวข้างต้นทั้งหมดก็เพื่อให้การก่อสร้างโรงไฟฟ้าสามารถจะดำเนินการได้เสร็จตามกำหนดเวลา โดยมีราคาค่าก่อสร้างพอสมควร และมีคุณภาพของงานที่ได้มาตรฐานและมีความปลอดภัย

เมื่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ขนส่งมาถึงสถานที่ก่อสร้างแล้ว อุปกรณ์ดังกล่าวจะถูกนำเข้าไปติดตั้งในตัวอาคารโรงไฟฟ้าซึ่งก่อสร้างเสร็จแล้ว อุปกรณ์ดังกล่าวได้แก่ หม้อน้ำ ท่อน้ำ กังหันไอน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในโรงไฟฟ้า รวมทั้งอาคารสถานที่อื่น ๆ งานติดตั้งและก่อสร้างจะใช้เวลาประมาณ 3.5-4 ปี การดำเนินการก่อสร้างถือว่าเป็นระยะสำคัญ เพราะถ้ามีการดำเนินการผิดพลาดในระยะนี้ จะเกิดความเสียหายหรืออาจจะก่อให้เกิดความเสียหายภายหลัง เช่น เกิดการเสียหายต่อการเดินเครื่องหากผลิตพลังงานไม่ได้ตามที่ต้องการ หรือไม่ได้ประสิทธิภาพที่ได้กำหนดไว้ในการออกแบบ—จึงต้องมีการดำเนินการควบคุมคุณภาพของงานอย่างใกล้ชิด

ในระหว่างการดำเนินการก่อสร้าง เป็นขณะเดียวกับที่บริษัทผู้ผลิตดำเนินการผลิตอุปกรณ์และส่งมาเป็นระยะ ๆ ผู้ซื้อจำเป็นจะต้องว่าจ้างตัวแทนหรือส่งผู้แทนไปทำการตรวจสอบหรือทำการควบคุมคุณภาพของอุปกรณ์ เพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานและข้อกำหนดที่ได้กำหนดขึ้นในสัญญา โดยผู้ผลิตจะต้องส่งกำหนดการและขั้นตอนในการผลิตมาให้ผู้ซื้อ พร้อมทั้งยินยอมให้ผู้ซื้อ หรือผู้แทน หรือตัวแทนทำการตรวจสอบในระยะเวลาที่เหมาะสม การทดสอบและการตรวจสอบในระหว่างการผลิตนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญ ซึ่งผู้ซื้อจำเป็นจะต้องปฏิบัติอย่างเคร่งครัด รวมทั้งเป็นการควบคุมให้ผู้ผลิตผลิตอุปกรณ์ให้ทันตามกำหนดเวลาด้วย การตรวจสอบและทดสอบนี้หมายความรวมถึงการทดสอบทางด้านวิศวกรรมด้วย เพื่อให้เป็นที่แน่ใจว่าอุปกรณ์นั้น ๆ มีประสิทธิภาพสูง มีความทนทาน และมีการบรรจุหีบห่อถูกต้องตามมาตรฐานในการบรรจุหีบห่อเพื่อการขนส่ง ขั้นตอนที่สำคัญอีกประการหนึ่งในการดำเนินการก่อสร้างก็คือ การควบคุมราคาค่าก่อสร้าง (Project cost control) เนื่องจากงานก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมันเป็นโครงการที่มีการลงทุนสูง ใช้ระยะเวลาก่อสร้างนาน จึงจำเป็นจะต้องมีการควบคุม

ค่าก่อสร้างโดยละเอียดและสม่ำเสมอ เพื่อให้สามารถทราบล่วงหน้าว่าราคาค่าก่อสร้างจะสูงกว่าหรือต่ำกว่าราคาที่ได้ประมาณการไว้ สาเหตุที่จะทำให้ราคาค่าก่อสร้างเปลี่ยนแปลงไปจากที่ได้ประมาณการไว้ อาจจะเกิดจากผลผลิตของการทำงานของผู้ใช้แรงงานในการก่อสร้างซึ่งมีเป็นจำนวนมากประมาณ 1,000-1,500 คน หรือเกิดจากการใช้วัสดุและอุปกรณ์ การควบคุมค่าใช้จ่ายทางอ้อมเหล่านี้เป็นเรื่องสำคัญ โดยเฉพาะการควบคุมการทำงานของผู้รับเหมารายย่อย

3.3.6 <u>การทดสอบและเดินเครื่อง</u> (Test, Start-up and Operation) หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตโดยครบถ้วนแล้ว ถึงแม้ว่าอุปกรณ์ทุก ๆ ชิ้นจะได้รับการทดสอบจากโรงงานผลิตแล้วก็ตาม จะต้องมีการทดสอบอุปกรณ์ทุก ๆ ชิ้นอีกครั้งหนึ่งเพื่อดูว่าจะมีข้อบกพร่องหรือเสียหายในระหว่างการติดตั้งหรือไม่ หากมีก็จะได้แก้ไขให้เรียบร้อยก่อนการผลิตจริง เมื่อทดสอบแต่ละชิ้นแล้ว จะต้องมีการทดสอบเป็นส่วนรวมทั้งโรงไฟฟ้า โดยค่อย ๆ เพิ่มระบบการใช้งานขึ้นไปทีละขั้น ทีละตอน จนถึงขั้นทดลองเดินเครื่อง ซึ่งจะใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 4-6 สัปดาห์ หลังจากที่ได้ตรวจข้อมูลต่าง ๆ ในระหว่างการทดสอบจนเป็นที่เรียบร้อยและแน่ใจแล้ว จะมีการปรับปรุงขั้นสุดท้ายเพื่อให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ปฏิบัติงานโดยถูกต้อง รวมทั้งมีการฝึกหัดผู้ที่จะทำงานในหน้าที่เดินเครื่องให้มีความคุ้นเคยกับอุปกรณ์ชิ้นส่วนที่จะต้องรับผิดชอบพร้อม ๆ กันไปในขณะเดียวกัน การทดสอบขั้นต่อไปจะเป็นการทดลองผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยทำการทดลองเป็นขั้น ๆ เช่น ทดลองผลิต 15%, 25%, 75%, 90%, 100% และ 110% ของกำลังการผลิตเป็นต้น ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองผลิตพลังงานไฟฟ้าจะใช้เวลาประมาณ 2-4 สัปดาห์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัญหาและความชัดข้องที่อาจจะเกิดขึ้น และโรงไฟฟ้าแต่ละโรงจะใช้ระยะเวลาไม่เท่ากัน ภายหลังที่มีการทดสอบและนำข้อมูลมาพิจารณากันอย่างรอบคอบและละเอียดถี่ถ้วนแล้ว จะมีการทำการทดสอบเพื่อรับอุปกรณ์ที่ผลิตอีกครั้งหนึ่ง (Performance test หรือ Accepting test) เพื่อทดสอบว่าอุปกรณ์เหล่านั้นสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องตรงกับข้อกำหนดในสัญญา โดยมีผู้แทนของผู้ผลิตและ

ผู้แทนของผู้ซื้อทำการทดสอบร่วมกัน เมื่อเรียบร้อยทุกประการและเป็นที่พอใจแล้ว ก็จะให้โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมันนั้นเริ่มทำการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ (Commerial Operation)

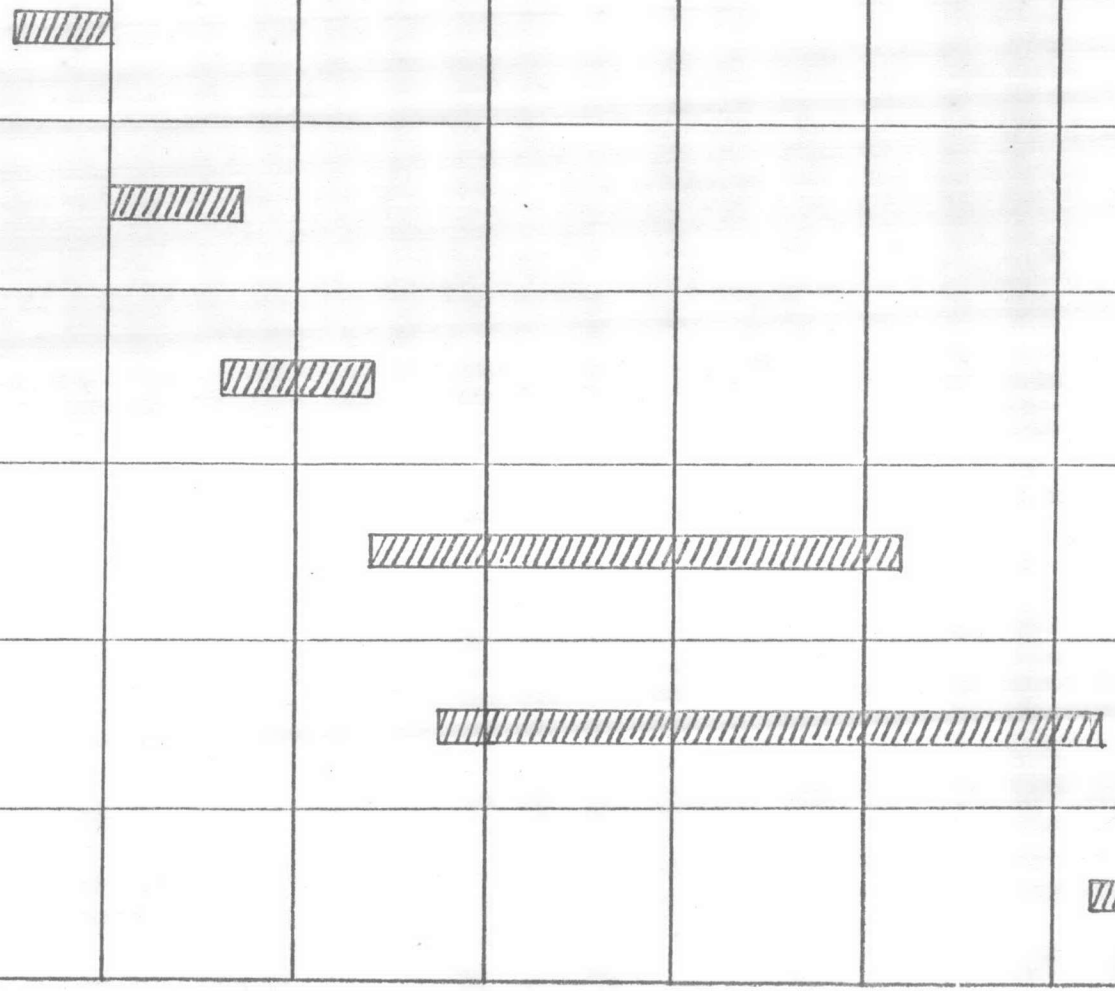
เนื่องจากโรงไฟฟ้าต้องผลิตพลังงานไฟฟ้าตลอดเวลา 24 ชั่วโมง การทำงานของผู้ปฏิบัติงานจึงจัดเป็นกะ เพื่อให้มีผู้ปฏิบัติงานตลอดเวลา 24 ชั่วโมงติดต่อกันไป การควบคุมการเดินเครื่องจะต้องกระทำอย่างใกล้ชิด เพราะโรงไฟฟ้าใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเป็นสิ่งสำคัญในการผลิต ถ้าเป็นโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ 300 เมกกะวัตต์ จะมีการใช้น้ำมันวันละประมาณ 2 ล้าน ถึง 3 ล้านลิตร จึงต้องมีการควบคุมการเดินเครื่องให้เป็นไปโดยมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อควบคุมต้นทุนการผลิตมิให้สูงเกินไป ตัวเลขและสภาพการเดินเครื่องจะถูกบันทึกและส่งไปยังผู้ที่มีหน้าที่ควบคุมประสิทธิภาพของการเดินเครื่องเพื่อนำมาวิเคราะห์และปรับปรุง บางครั้งอาจจะมีการซ่อมแซมชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เห็นว่ามีความจำเป็นจะต้องกระทำ โดยปกติโรงไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงจะต้องทำการซ่อมแซมบำรุงรักษาประมาณปีละ 2 สัปดาห์ และในระยะเวลา 3-4 ปี หลังจากเริ่มเดินเครื่องจะต้องมีการหยุดเพื่อซ่อมแซมครั้งใหญ่โดยใช้เวลาประมาณ 4 สัปดาห์ ในการหยุดเดินเครื่องแต่ละครั้ง จะมีการตรวจสอบอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างละเอียด เพื่อให้อุปกรณ์เหล่านั้นอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์สามารถใช้งานได้ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง

ในการเดินเครื่องโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ จึงมีค่าใช้จ่ายสูงทั้งในด้านการเดินเครื่อง การควบคุมประสิทธิภาพ และการซ่อมแซมบำรุงรักษา นอกจากนี้ยังจำเป็นจะต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ที่ผ่านการศึกษาหรือการฝึกอบรมแล้วเป็นอย่างดีทำการควบคุมการเดินเครื่อง ในบางประเทศได้ประสบปัญหาเกี่ยวกับตัวบุคคลที่จะมาทำงานด้านการควบคุมการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้า จึงได้เปลี่ยนไปใช้เครื่องมือควบคุมโดยอัตโนมัติทำงานแทน แต่ปัญหานี้ยังไม่เกิดขึ้นในประเทศไทยในปัจจุบัน

ลำดับขั้นการดำเนินงานของโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมัน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ลำดับขั้นการดำเนินงานของโครงการโรงไฟฟ้าน้ำมัน

FILE NO	DESCRIPTION	2522	2523	2524	2525	2526	2527	2528
	การสำรวจ และจัดเตรียมสถานที่ Site Investigation and Feasibility Study							
	การเสนอรายละเอียด Specification							
	การเปิดประมูล และเซ็นสัญญา Bidding & Negotiation							
	การออกแบบผลิตอุปกรณ์ การเขียนแบบ และการขนส่ง Design , Manufacture , Drawing and Transportation							
	การดำเนินการก่อสร้าง Construction							
	การทดสอบ และการเดินเครื่อง Test & Operation							



3.4 ต้นทุนค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้า

3.4.1 สมมุติฐาน ในการคำนวณหาต้นทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้า จำเป็นต้องมีข้อมูลหรือข้อสมมุติเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ดังนี้

1. ขนาดกำลังผลิตของโรงไฟฟ้า (เมกกะวัตต์)	630
2. ระยะเวลาคิดค่าเสื่อมราคา (ปี)	25
3. ระยะเวลาในการก่อสร้าง (ปี)	4
4. อัตราดอกเบี้ย (ร้อยละต่อปี)	10
5. อัตราเพิ่มของค่าใช้จ่ายต่อปี (ร้อยละ)	
อุปกรณ์ต่างประเทศ	6
อุปกรณ์ในประเทศ	6
ค่าแรงในประเทศ	10
ค่าเดินเครื่องและบำรุงรักษา	6
ค่าเชื้อเพลิง	4
6. ค่าภาษีเครื่องจักรและอุปกรณ์ (ร้อยละของราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์)	10
7. อัตราแลกเปลี่ยน 1 เหรียญสหรัฐเท่ากับ 20.50 บาท	

3.4.2 การประเมินค่าลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้า

ก. เงินลงทุน ประกอบด้วยค่าที่ดิน ค่าอาคารต่าง ๆ และการปรับปรุงพื้นที่ ค่าอุปกรณ์สำหรับตัวโรงไฟฟ้า ซึ่งได้แก่ หม้อน้ำ กังหันไอน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ เช่น Switchboard, Switchgear เครื่องสูบลม เครื่องสูบน้ำ เป็นต้น ค่าอุปกรณ์เบ็ดเตล็ดสำหรับตัวโรงไฟฟ้า เช่น เครื่องมือสื่อสาร ลิฟต์ ไฟฟ้าแสงสว่างในตัวอาคาร รวมทั้งค่าหม้อแปลงไฟฟ้า และ Circuit breaker

ในการคำนวณเงินลงทุน ได้ใช้ตัวเลขต้นทุนมาตรฐานของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมันขนาดกำลังผลิต 1,000 เมกกะวัตต์ของหบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency - IAEA) เป็นหลักในการคำนวณโดยปรับขนาดกำลังผลิตให้เป็น 630 เมกกะวัตต์ (Size Adjustment) ต่อมาจึงปรับเกี่ยวกับเวลาเริ่มทำการก่อสร้าง (Time Adjustment) และปรับเกี่ยวกับสถานที่ก่อสร้างเปลี่ยนแปลง (Location Adjustment) ทั้งนี้เพื่อให้เข้ากับสภาพการณ์ในประเทศไทย เงินลงทุนทั้งหมดที่ประเมินได้มีจำนวน 3,568.18 ล้านบาท ซึ่งในจำนวนนี้รวมค่าที่ดินที่ใช้ในการก่อสร้างจำนวน 55.35 ล้านบาท เงินลงทุนดังกล่าวเป็นจำนวนประมาณร้อยละ 39.19 ของต้นทุนค่าก่อสร้างทั้งหมด

ตัวเลขมาตรฐานของโรงไฟฟ้าขนาด 1,000 เมกกะวัตต์ ของ IAEA ได้แสดงไว้ในตารางที่ 12 ส่วนรายละเอียดเกี่ยวกับเงินลงทุนได้แสดงไว้ในตารางที่ 13 พร้อมทั้งตัวอย่างการปรับตัวเลขต้นทุนจากต้นทุนมาตรฐานให้เข้ากับสภาพการณ์ในประเทศไทยดังกล่าวข้างต้น

ข. <u>ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง</u> ได้แก่ค่าบริการและสิ่งอำนวยความสะดวกในการก่อสร้าง ค่าบริหารงานในการก่อสร้าง ค่าวิศวกรรม ค่าประกันคุณภาพ ค่าเครื่องอะไหล่ ค่าระวาง ค่าประกันภัย ค่าขนส่ง ค่าภาษีขาเข้า และค่าเบ็ดเตล็ด เป็นต้น ค่าดอกเบี้ยระหว่างการก่อสร้างจะมีผลต่อจำนวนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างตามระยะเวลาในการก่อสร้าง ถ้าระยะเวลาในการก่อสร้างนาน ค่าดอกเบี้ยจะสูงซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูงตามไปด้วย โดยปกติการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมันจะใช้เวลาประมาณ 3.5-4 ปี ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ที่ใช้เวลาในการก่อสร้างประมาณ 6-8 ปีแล้ว ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมันจะน้อยกว่าค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์มาก จากตารางที่ 13 ซึ่งแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่อจากเงินลงทุน จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างก่อนรวมค่าเพิ่มราคาและค่าดอกเบี้ยระหว่างการก่อสร้างจะเป็น

ตารางที่ 12

ต้นทุนมาตรฐานของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมันขนาดกำลังผลิต 1,000 เมกกะวัตต์

	ต้นทุนรวม (ล้านเหรียญ)	ตัวยกกำลัง	อัตราส่วนของค่าใช้จ่าย		
			ค่าอุปกรณ์	ค่าวัสดุ	ค่าแรง
ACCT.21 อาคารต่าง ๆ และการปรับปรุงพื้นที่	C(1) = 23.03	N(1) = .75	EF(1) = .03	MF(1) = .41	LF(1) = .56
ACCT.22 หม้อน้ำ	C(2) = 50.90	N(2) = .90	EF(2) = .57	MF(2) = .09	LF(2) = .34
ACCT.23 กังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	C(3) = 49.52	N(3) = .80	EF(3) = .57	MF(3) = .17	LF(3) = .26
ACCT.24 อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ	C(4) = 11.62	N(4) = .45	EF(4) = .46	MF(4) = .11	LF(4) = .43
ACCT.25 อุปกรณ์เบ็ดเตล็ดสำหรับตัวโรงไฟฟ้า	C(5) = 3.51	N(5) = .30	EF(5) = .30	MF(5) = .23	LF(5) = .47

F 91 ค่าบริการและสิ่งอำนวยความสะดวกในการก่อสร้าง = .72

F 92 ค่าบริหารงานในการก่อสร้าง ค่าวิศวกรรม และค่าประกันคุณภาพ = 1.06

F 93 ค่าภาษีขาเข้า = .65

ขนาดกำลังผลิตของโรงไฟฟ้ามาตรฐาน (Base Size)	SS= 1,000 เมกกะวัตต์
ปีฐาน (Base Year)	YB= พ.ศ. 2514
สถานที่ก่อสร้าง (Base Location)	Middle Town
ต้นทุนค่าที่ดิน (Cost of Land)	CL= .000 ล้านเหรียญ

ที่มา : ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ
International Atomic Energy Agency

หมายเหตุ

ACCT	= Account	=	รหัสบัญชี
C	= Cost	=	ต้นทุน
N	= Exponent	=	ตัวยกกำลัง
EF	= Equipment Factor	=	อัตราส่วนค่าอุปกรณ์
MF	= Material Factor	=	อัตราส่วนค่าวัสดุ
LF	= Labor Factor	=	อัตราส่วนค่าแรง

ตารางที่ 13

การประมาณต้นทุนค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมัน (ล้านบาท)

	ค่าอุปกรณ์และค่าวัสดุ		ค่าแรงในประเทศ	รวม
	เงินตราต่างประเทศ	เงินตราในประเทศ		
เงินลงทุน				
1. ที่ดิน		55.35		55.35
2. อาคารต่าง ๆ และการปรับปรุงพื้นที่	175.80	117.20	133.76	426.76
3. หม้อน้ำ	1.260.22	25.72	228.71	1,514.65
4. กังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	975.15	40.63	130.51	1,146.29
5. อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ	211.32	4.31	59.55	275.18
6. อุปกรณ์เบ็ดเตล็ดสำหรับตัวโรงไฟฟ้า	62.12	3.27	21.09	86.48
7. หม้อแปลงไฟฟ้า และ Circuit Breaker	48.88	5.43	9.16	63.47
รวมเงินลงทุน (ยกเว้นที่ดิน)	2,733.49	196.56	582.78	3,512.83
รวมเงินลงทุนทั้งหมด (รวมค่าที่ดิน)	2,733.49	251.91	582.78	3,568.18

ตารางที่ 13

การประมาณต้นทุนค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมัน (ล้านบาท) (ต่อ)

	ค่าอุปกรณ์และค่าวัสดุ		ค่าแรงในประเทศ	รวม
	เงินตราต่างประเทศ	เงินตราในประเทศ		
ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง				
8. ค่าบริการและสิ่งอำนวยความสะดวกในการก่อสราง	191.34	13.76	40.79	245.89
9. ค่าบริหารงานในการก่อสร้าง ค่าวิศวกรรมและค่าประกันคุณภาพ	563.81	37.59	37.59	638.99
10. ค่าเริ่มเดินเครื่อง	-	-	-	-
11. ค่าฝึกอบรม	-	-	-	-
12. ค่าเครื่องอะไหล่	82.00	-	-	82.00
13. ค่ารุะวาง ค่าประกันภัย และค่าขนส่ง	281.55	1.96	-	283.51
14. ค่าภาษีขาเข้า	-	309.71	-	309.71
15. ค่าเบ็ดเตล็ด	546.70	39.31	116.56	702.57
รวมค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง	1,665.40	402.33	194.94	2,262.67
16. ค่าเพิ่มราคาระหว่างการก่อสร้าง	1,450.78	183.95	216.33	1,851.06
รวมค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและค่าเพิ่มราคา	3,116.18	586.28	411.27	4,113.73

ตารางที่ 13

การประมาณต้นทุนค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมัน (ล้านบาท) (ต่อ)

	ค่าอุปกรณ์และค่าวัสดุ		ค่าแรงในประเทศ	รวม
	เงินตราต่างประเทศ	เงินตราในประเทศ		
17. ค่าดอกเบี้ยระหว่างการก่อสร้าง	-	1,423.23	-	1,423.23
รวมค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างทั้งหมด	3,116.18	2,009.51	411.27	5,536.96
รวมต้นทุนค่าก่อสร้างทั้งหมด	5,849.67	2,261.42	994.05	9,105.14

ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนค่าอาคารต่าง ๆ และการปรับปรุงพื้นที่ (426.76 ล้านบาท)

ก. สมมุติฐานที่ใช้ในการคำนวณ

1. ต้นทุนจะประกอบด้วย ค่าอุปกรณ์ (Equipment) ร้อยละ 3 ค่าวัสดุ (Material) ร้อยละ 41 และค่าแรง (Labor) ร้อยละ 56 ของต้นทุนรวม (ตารางที่ 12)

2. ค่าเพิ่มราคาตั้งแต่ 1 มกราคม 2514-30 มิถุนายน 2519 เป็นดังนี้

ค่าอุปกรณ์ร้อยละ (ต่อปี)	6.5
ค่าวัสดุ ร้อยละ (ต่อปี)	6.5
ค่าแรง ร้อยละ (ต่อปี)	10

3. ค่าเพิ่มราคาตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2519-31 ธันวาคม 2521 เป็นดังนี้

ค่าอุปกรณ์ ร้อยละ(ต่อปี)	6
ค่าวัสดุ ร้อยละ (ต่อปี)	6
ค่าแรง ร้อยละ (ต่อปี)	10

4. การปรับเกี่ยวกับสถานที่ก่อสร้าง (Location adjustment) ใช้เลขดัชนี ดังนี้

ค่าอุปกรณ์	0.95
ค่าวัสดุ	1.00
ค่าแรง	0.30

ข. วิธีการคำนวณ

1. การปรับขนาดกำลังผลิตของโรงไฟฟ้า (Sized adjustment)

ใช้สูตร $CC = C \times \left(\frac{S}{SS}\right)^N$

CC = ราคาโรงไฟฟ้าที่ต้องการการคำนวณ

C = ราคาโรงไฟฟ้ามาตรฐาน

S = ขนาดกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าที่ต้องการคำนวณ

SS = ขนาดกำลังผลิตของโรงไฟฟ้ามาตรฐาน

N = ตัวยกกำลังเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง S และ SS

2. การปรับเกี่ยวกับเวลาเริ่มทำการก่อสร้างโรงไฟฟ้า (Time adjustment)

ใช้สูตร $CC_1 = CC \quad (1 + \text{อัตราค่าเพิ่มราคา})^{\text{ปี}}$

3. การปรับเกี่ยวกับสถานที่ก่อสร้างโรงไฟฟ้า (Location adjustment)

ใช้สูตร $CC_2 = CC_1 \times$ ดัชนีราคา

ค. <u>การคำนวณ</u> (ล้านเหรียญสหรัฐ)

1. <u>การคำนวณค่าอุปกรณ์</u>

ต้นทุนค่าอุปกรณ์ = ต้นทุนรวม x อัตราส่วนของค่าอุปกรณ์

= 23.03 x .03

= 0.691

ปรับขนาดกำลังผลิตของโรงไฟฟ้า (Size adjustment) $= 0.691 \times \left(\frac{630}{1,000}\right)^{.75}$

$= 0.4886$

ปรับเวลาเริ่มทำการก่อสร้างโรงไฟฟ้า (Time adjustment) $= 0.4886 \times (1+0.065)^{5.5} \times (1+0.06)^{2.5}$

$= 0.7991$

ปรับสถานที่ก่อสร้างโรงไฟฟ้า(Location adjustment) $= 0.7991 \times 0.95$

$= 0.759$

2. <u>การคำนวณค่าวัสดุ</u>

ต้นทุนค่าวัสดุ = ต้นทุนรวม X อัตราส่วนของค่าวัสดุ

= 23.03 X .41

= 9.442

ปรับขนาดกำลังผลิตของโรงไฟฟ้า (Size adjustment) $= 9.442 \times \left(\frac{630}{1,000}\right)^{.75}$

= 6.6768

ปรับเวลาเริ่มทำการก่อสร้างโรงไฟฟ้า (Time adjustment) $= 6.6768 \times (1+ 0.065)^{5.5} \times (1 + 0.06)^{2.5}$

= 10.9208

ปรับสถานที่ก่อสร้างโรงไฟฟ้า (Location adjustment) = 10.9208 X 1.00

= 10.921

3. <u>การคำนวณค่าแรง</u>

ต้นทุนค่าแรง = ต้นทุนรวม X อัตราส่วนของค่าแรง

= 23.03 X .56

= 12.897

ปรับขนาดกำลังผลิตของโรงไฟฟ้า (Size adjustment) $= 12.897 \times \left(\frac{630}{1,000}\right)^{.75}$

= 9.1199

ปรับเวลาเริ่มทำการก่อสร้างโรงไฟฟ้า (Time adjustment) $= 9.1199 \times (1 + 0.10)^{5.5} \times (1 + 0.10)^{2.5}$

= 19.5493

ปรับสถานที่ก่อสร้างโรงไฟฟ้า (Location adjustment) = 19.5493 X 0.30

= 5.865

รวมต้นทุนค่าอาคารต่าง ๆ และการปรับปรุงพื้นที่ = ต้นทุนค่าอุปกรณ์ + ต้นทุนค่าวัสดุ + ต้นทุนค่าแรง

= 0.759 + 10.921 + 5.865

= 17.545

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตปรับปรุงราคาเพิ่มขึ้นอีกประมาณร้อยละ 18.5

= 17.545 X 1.185

= 20.790 ล้านเหรียญสหรัฐ

ราคาต้นทุนเป็นเงินบาท = 20.790 X 20.5

= 426.19 ล้านบาท

จำนวน 2,262.67 ล้านบาท หรือประมาณร้อยละ 24.85 ของต้นทุนค่าก่อสร้างทั้งหมด และถ้ารวมค่าดอกเบี้ยในระหว่างการก่อสร้างจำนวน 1.423.23 ล้านบาท หรือประมาณร้อยละ 15.63 กับค่าเพิ่มราคาจำนวน 1.851.06 ล้านบาท หรือประมาณร้อยละ 20.33 ของต้นทุนค่าก่อสร้างทั้งหมดจะเป็นค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างทั้งหมดจำนวน 5,536.96 ล้านบาท หรือประมาณร้อยละ 60.81 ของต้นทุนค่าก่อสร้างทั้งหมด

เนื่องจากอุปกรณ์ในการก่อสร้างส่วนใหญ่ต้องซื้อจากต่างประเทศ จึงได้แสดงตัวเลขเป็นเงินตราต่างประเทศและเงินตราในประเทศ (ตารางที่ 13) หลักเกณฑ์ในการคำนวณนั้นได้มาจากประสบการณ์ในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมันของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ซึ่งทำให้สามารถประมาณอัตราร้อยละของเงินตราต่างประเทศและเงินตราในประเทศที่ต้องใช้จ่ายสำหรับแต่ละรายการได้ รวมทั้งสามารถประมาณอัตราส่วนร้อยละของค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างกับเงินลงทุน (ยกเว้นที่ดิน) ได้ดังนี้[1]

---

[1]สัมภาษณ์ คุณสมเกียรติ ผโลประการ, ผู้ช่วยหัวหน้ากอง, กองวางแผนระบบไฟฟ้า, ฝ่ายวางโครงการ, 15 พฤศจิกายน 2521.

	เงินตราต่างประเทศ	เงินตราในประเทศ
	%	%
ค่าอาคารต่าง ๆ และการปรับปรุงพื้นที่	60	40
หม้อน้ำ	98	2
กังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	96	4
อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ	98	2
อุปกรณ์เบ็ดเตล็ดสำหรับตัวโรงไฟฟ้า	95	5
หม้อแปลงไฟฟ้า และ Circuit breaker	90	10
ค่าบริการและสิ่งอำนวยความสะดวกในการก่อสร้าง	93	7
ค่าบริหารงานในการก่อสร้าง ค่าวิศวกรรม และ ค่าประกันคุณภาพ	94	6
ค่าเครื่องอะไหล่	100	-
ค่าระวาง ค่าประกันภัย และค่าขนส่ง	99	1
ค่าเบ็ดเตล็ด	93	7

ต้นทุนที่เป็นเงินตราต่างประเทศมีประมาณร้อยละ 72.12 ของต้นทุนค่าอุปกรณ์และค่าวัสดุทั้งหมด หรือมีจำนวน 5,849.67 ล้านบาท จากต้นทุนค่าอุปกรณ์และค่าวัสดุทั้งหมด 8,111.09 ล้านบาท ส่วนที่เหลือ 2,261.42 ล้านบาท หรือประมาณร้อยละ 27.88 จะเป็นเงินตราในประเทศ

สำหรับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างจะเป็นอัตราส่วนร้อยละของเงินลงทุน (ยกเว้นที่ดิน) ดังนี้

	%
ค่าบริการและสิ่งอำนวยความสะดวกในการก่อสร้าง	7
ค่าบริหารงานในการก่อสร้าง ค่าวิศวกรรม และค่าประกันคุณภาพ	21
ค่าเครื่องอะไหล่	3
ค่าระวาง ค่าประกันภัย และค่าขนส่ง	10
ค่าเบ็ดเตล็ด	20

สำหรับค่าดอกเบี้ยระหว่างการก่อสร้างคิดในอัตราร้อยละ 10 ต่อปี จากจำนวนเงินในวันที่ผู้ให้กู้จ่ายให้กับผู้ขายอุปกรณ์เฉพาะที่เป็นเงินตราต่างประเทศจนถึงวันชำระหนี้ โดยปกติการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ มักจะได้รับการผ่อนผันในการชำระเงินต้นเท่ากับระยะเวลาในการก่อสร้าง โดยจะเริ่มชำระเงินต้นคืนตั้งแต่วันที่เริ่มเดินเครื่องเพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้า

จากประสบการณ์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ทำให้สามารถประมาณได้ว่าในแต่ละปีที่ทำการก่อสร้างจะใช้อุปกรณ์อะไรบ้าง ประมาณราคาเป็นจำนวนเท่าใด และจะมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเป็นจำนวนเท่าใด ซึ่งจะทำให้สามารถประมาณจำนวนเงินลงทุนค่าก่อสร้างในแต่ละปี รวมทั้งสามารถประมาณค่าดอกเบี้ยระหว่างการก่อสร้างทั้งหมดได้ สำหรับการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมัน ซึ่งมีระยะเวลาการก่อสร้างประมาณ 4 ปีนั้น อัตราส่วนร้อยละของต้นทุนที่เป็นเงินตราต่างประเทศในแต่ละปีจะเป็นดังนี้[1]

ปีที่ 1 ร้อยละ 6
ปีที่ 2 ร้อยละ 26
ปีที่ 3 ร้อยละ 49
ปีที่ 4 ร้อยละ 19

เมื่อรวมค่าที่ดินจำนวน 55.35 ล้านบาทกับเงินลงทุนจำนวน 3,512.83 ล้านบาท และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างทั้งหมด 5.536.96 ล้านบาท จะเป็นต้นทุนค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าทั้งหมด 9.105.14 ล้านบาท ซึ่งเป็นต้นทุนคงที่ทั้งหมด

---

[1] Electricity Generating Authority of Thailand, Construction Progress Report-IBRD Loan 655-TH, Sirikit Power Project and South Bangkok Project, 3rd unit, December, 1972, p. 69.

3.5 ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องและบำรุงรักษา (Operation and Maintenance)

หลังจากก่อสร้างโรงไฟฟ้าและติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว จะต้องมีการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า เมื่อเริ่มดำเนินการผลิตจะต้องมีผู้ควบคุมการเดินเครื่องผลัดเปลี่ยนกันปฏิบัติงานตลอดเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อควบคุมการทำงานและป้องกันอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นได้รวมทั้งควบคุมการส่งพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบให้พอดีกับความต้องการใช้ไฟฟ้า ช่วงเวลาใดที่มีการใช้ไฟฟ้าน้อยก็จะลดกำลังผลิตลง และในช่วงเวลาใดที่มีการใช้ไฟฟ้ามากก็จะเพิ่มกำลังผลิตให้เพียงพอ ภายหลังที่เดินเครื่องส่งพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบแล้ว ในแต่ละปีจะมีการหยุดเดินเครื่องประมาณ 2 สัปดาห์เพื่อตรวจสอบว่ามีอุปกรณ์ส่วนใดส่วนหนึ่งชำรุดเสียหายหรือเสื่อมคุณภาพบ้างหรือไม่ ซึ่งถ้าพบว่ามีก็จะต้องทำการซ่อมแซมแก้ไขทันที ในการหยุดเดินเครื่องนี้จะก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและบำรุงรักษา นอกจากนี้ยังมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมครั้งใหญ่หลังจากเดินเครื่องไปแล้ว 3-4 ปีอีกด้วย ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุด เช่น ท่อน้ำ จะไม่ถือเป็นเงินลงทุนแต่จะลงบัญชีเป็นค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและบำรุงรักษา

หบวงการพลังปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency - IAEA) ได้ทำการวิเคราะห์การขยายระบบผลิตไฟฟ้าในประเทศกำลังพัฒนาซึ่งรวมทั้งประเทศไทยด้วย เมื่อ พ.ศ. 2516 และได้ประมาณค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องและบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมันไว้ประมาณ 4.10 บาทต่อกิโลวัตต์-เดือน หรือประมาณปีละ 29.52 ล้านบาท ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องและบำรุงรักษาในปีปัจจุบัน (2521) ประมาณ 5.49 บาทต่อกิโลวัตต์-เดือน หรือประมาณปีละ 39.53 ล้านบาท และในปีที่เดินเครื่องโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมันซึ่งได้สมมุติว่าจะสร้างที่อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (ต.ค. 2528) จะเป็นประมาณ 8.75 บาทต่อกิโลวัตต์-เดือน หรือประมาณปีละ 63 ล้านบาท ทั้งนี้โดยถือว่าอัตราการเพิ่มเป็นร้อยละ 6 ต่อปี ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องถือเป็นต้นทุนกึ่งคงที่กึ่งแปรได้ ส่วนค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเป็นต้นทุนแปรได้ ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามหน่วยที่ผลิต

3.6 ค่าเชื้อเพลิง (Fuel cost)

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ซื้อน้ำมันเตาทั้งหมดจากองค์การเชื้อเพลิง เพื่อใช้กับเครื่องผลิตไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าพระนครเหนือและพระนครใต้ ราคาน้ำมันต่อลิตรจะประกอบด้วยราคาน้ำมัน และค่าใช้จ่ายขององค์การเชื้อเพลิงลิตรละ 1.5775 บาท ค่าภาษีลิตรละ .001 บาท และค่าขนส่งอีกลิตรละ .01 บาท รวมเป็นราคาน้ำมันทั้งหมดลิตรละ 1.5885 บาท

เนื่องจากค่าขนส่งน้ำมันเป็นค่าใช้จ่ายจำนวนเล็กน้อย ความแตกต่างของระยะทางการขนส่งจะไม่เป็นสาเหตุสำคัญที่กระทบกระเทือนถึงค่าเชื้อเพลิงจนทำให้ต้นทุนการผลิตแปรเปลี่ยนไปเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงได้มีข้อสมมุติฐานว่าระยะทางการขนส่งจากองค์การเชื้อเพลิงพระโขนงไปยังโรงไฟฟ้าพระนครเหนือมีระยะทางใกล้เคียงหรือเท่ากับระยะทางการขนส่งจากองค์การเชื้อเพลิงพระโขนงไปยังอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นสถานที่ก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมันและโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ ดังนั้นจึงใช้ราคาน้ำมันที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ซื้อจากองค์การเชื้อเพลิงมาใช้ที่โรงไฟฟ้าพระนครเหนือมาคำนวณราคาน้ำมันต่อหน่วย เพื่อใช้ในการคำนวณต้นทุนการผลิตต่อไป

การคำนวณราคาน้ำมันต่อหน่วยแยกตามค่าน้ำมัน ค่าภาษี และค่าขนส่งจะเป็นดังนี้

ก.	ค่าความร้อน, บีทียูต่อปอนด์	18,400
ข.	ความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย	0.9433
ค.	ค่าความร้อน, บีทียูต่อลิตร	38,264.972
ง.	อัตราความร้อน, บีทียูต่อหน่วย	9,682

จ. ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง

	บาทต่อลิตร	บาทต่อล้านบีทียู	สตางค์ต่อหน่วย
ราคาน้ำมัน	1.5775	41.226[1]	39.915[2]
ค่าขนส่ง	.01	.261	.253
ค่าภาษี	.001	.026	.025
รวม	1.5885	41.513	40.193

ค่าเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมันเป็นต้นทุนแปรได้ซึ่งเปลี่ยนแปรไปตามหน่วยที่ผลิต และเป็นส่วนประกอบของต้นทุนการผลิตที่สำคัญและมีจำนวนมาก คือ ประมาณร้อยละ 74 ของต้นทุนการผลิต (80.668/108.607) ในขณะที่ค่าก่อสร้างเป็นเพียงร้อยละ 23 ของต้นทุนการผลิต (25.320/108.607) (ดูข้อ ฉ. หน้า 82)

3.7 ต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้า

จากข้อสมมุติที่ใช้เป็นกรณีพื้นฐาน (Base Case) ในข้อ 3.4.1 ทำให้สามารถประมาณต้นทุนการผลิตต่อหน่วยได้ 108.61 สตางค์ ซึ่งต้นทุนการผลิตนี้ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายประจำ[3] ค่าเชื้อเพลิง ค่าเดินเครื่องและบำรุงรักษา รายละเอียดของต้นทุนจะเป็นดังนี้

ก.	ขนาดกำลังผลิต (เมกกะวัตต์)	630
ข.	กำลังผลิตที่ต้องใช้ภายในโรงไฟฟ้า (เมกกะวัตต์)	30
ค.	พลังงานสุทธิเฉลี่ย (ล้านหน่วยต่อปี)	4,164.7
ง.	ค่าก่อสร้าง (ล้านบาท)	9,105

---

[1] $\frac{1.5775}{38,264.972}$ X 1,000,000 = 41.226 บาท

[2] $\frac{1.5775}{38,264.972}$ X 9,682 = 39.915 สตางค์ต่อหน่วย

[3] ค่าใช้จ่ายประจำ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ หมายถึง ค่าเสื่อมราคา ค่าดอกเบี้ยและค่าประกันภัย

จ. ค่าใช้จ่ายประจำปี (Annual cost - ล้านบาทต่อปี)

ค่าใช้จ่ายประจำ (Fixed cost)	1,055
ค่าเชื้อเพลิง	3,360
ค่าเดินเครื่องและบำรุงรักษา	109
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	4,524

ฉ. ต้นทุนการผลิต (สตางค์ต่อหน่วย)

ค่าใช้จ่ายประจำ	25.320
ค่าเชื้อเพลิง	80.668
ค่าเดินเครื่องและบำรุงรักษา	2.619
รวมต้นทุนการผลิต	108.607

จากตารางที่ 14 ซึ่งแสดงรายละเอียดของค่าปัจจุบันของต้นทุนค่าก่อสร้างและต้นทุนการผลิต โดยแยกแสดงเป็นค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้า และค่าประกันภัย ค่าเชื้อเพลิง ค่าเดินเครื่องและบำรุงรักษาตั้งแต่ปี 2524-2552 รวมทั้งจำนวนหน่วยพลังงานและค่าปัจจุบันของพลังงาน จากตัวเลขเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในแต่ละปีดังกล่าวจะนำมาคำนวณหาค่าใช้จ่ายประจำปี โดยแยกแสดงให้เห็นเป็นค่าใช้จ่ายประจำ ค่าเชื้อเพลิง ค่าเดินเครื่องและบำรุงรักษา นอกจากนี้ยังนำมาคำนวณหาต้นทุนการผลิตเป็นสตางค์ต่อหน่วยได้ โดยให้ 1 มิลล์ เท่ากับ 2.05 สตางค์ (mill = $1X10^{-3}$)

ในการหาค่าใช้จ่ายประจำปี จะมีตัวคงที่ซึ่งมีค่า .110168 เป็นตัวคูณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ซึ่งได้มาจากการคิดอัตราส่วนลด 10% ในระยะเวลา 25 ปี

ก. <u>การคำนวณหาค่าใช้จ่ายประจำปี</u> (Annual cost)

1. <u>ค่าใช้จ่ายประจำ</u> (Fixed cost)

ค่าปัจจุบันรวมทั้งสิ้นของค่าก่อสร้าง = 466.91 X 20.50 ล้านบาท

และค่าประกันภัย = 9,571.655 "

ค่าใช้จ่ายประจำปี = 9,571.655 X .110168 "

= 1,054.49 "

2. ค่าเชื้อเพลิง

ค่าปัจจุบันรวมทั้งสิ้น = 1,487.55 X 20.50 ล้านบาท

= 30,494.775 "

ค่าใช้จ่ายประจำปี = 30,494.775 X .110168 "

= 3,359.548 "

3. ค่าเดินเครื่องและบำรุงรักษา

ค่าปัจจุบันรวมทั้งสิ้น = 48.29 X 20.50 ล้านบาท

= 989.945 "

ค่าใช้จ่ายประจำปี = 989.945 X .110168 "

= 109.060 "

ข. การคำนวณหาต้นทุนการผลิตต่อหน่วย

1. ค่าใช้จ่ายประจำ = 12.351136 X 2.05 สตางค์

= 25.319828 "

2. ค่าเชื้อเพลิง = 39.350051 X 2.05 "

= 80.667604 "

3. ค่าเดินเครื่องและบำรุงรักษา = 1.2774118 X 2.05 "

= 2.6186941 "

หรือคำนวณจากค่าใช้จ่ายประจำปี

1. ค่าใช้จ่ายประจำ = 1,054.49 ÷ 4,164.6809 สตางค์

= 25.31982 "

2. ค่าเชื้อเพลิง = 3,359.548 ÷ 4,164.6809 "

= 80.66759

3. ค่าเดินเครื่องและบำรุงรักษา = 109.060 ÷ 4164.6809 "

= 2.61868 "

ตารางที่ 14

ค่าปัจจุบันของต้นทุนค่าก่อสร้างและต้นทุนการผลิต ตุลาคม 2528

ปี	ต้นทุนค่าก่อสร้างและต้นทุนการผลิต (ล้านเหรียญสหรัฐ)			พลังงาน (ล้านหน่วย)	
	ต้นทุนคงที่	ต้นทุนแปรได้		พลังงานที่ผลิตได้	ค่าปัจจุบัน
	ค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าและค่าประกันภัย	ค่าเชื้อเพลิง	ค่าเดินเครื่องและค่าบำรุงรักษา		
2524	20.93	-	-	-	-
2525	90.71	-	-	-	-
2526	170.95	-	-	-	-
2527	66.29	-	-	-	-
2528	2.48	90.42	2.84	3,181	3,257
2529	2.48	94.04	3.01	3,181	2,961
2530	2.48	120.37	3.19	3,915	3,313
2531	2.48	125.19	3.38	3,915	3,012
2532	2.48	130.19	3.58	3,915	2,738
2533	2.48	135.40	3.80	3,915	2,489
2534	2.48	140.82	4.03	3,915	2,263
2535	2.48	146.45	4.27	3,915	2,057
2536	2.48	152.31	4.53	3,915	1,870
2537	2.48	158.40	4.80	3,915	1,700
2538	2.48	164.74	5.09	3,915	1,546
2539	2.48	171.33	5.39	3,915	1,405
2540	2.48	167.04	5.71	3,670	1,198
2541	2.48	173.72	6.06	3,670	1,089
2542	2.48	180.67	6.42	3,670	990
2543	2.48	187.90	6.81	3,670	900
2544	2.48	195.42	7.21	3,670	818
2545	2.48	203.23	7.65	3,670	744
2546	2.48	211.36	8.11	3,670	676

ตารางที่ 14

ค่าปัจจุบันของต้นทุนค่าก่อสร้างและต้นทุนการผลิต ตุลาคม 2528 (ต่อ)

ปี	ต้นทุนค่าก่อสร้างและต้นทุนการผลิต (ล้านเหรียญสหรัฐ)			พลังงาน (ล้านหน่วย)	
	ต้นทุนคงที่	ต้นทุนแปรได้		พลังงานที่ผลิตได้	ค่าปัจจุบัน
	ค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าและค่าประกันภัย	ค่าเชื้อเพลิง	ค่าเดินเครื่องและค่าบำรุงรักษา		
2547	2.48	219.82	8.59	3,670	615
2548	2.48	228.61	9.11	3,670	559
2549	2.48	237.75	9.65	3,670	508
2550	2.48	214.29	10.23	3,181	400
2551	2.48	222.87	10.85	3,181	364
2552	2.48	231.78	11.50	3,181	331
รวม, รวมค่าปัจจุบัน	410.91	4,304.11	155.79	91,751	37,803
ต้นทุนต่อหน่วย	466.91	1,487.55	48.29		
มิลล์/หน่วย	12.35	39.35	1.28		

ที่มา : รายงานวิเคราะห์ความเหมาะสมโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

หมายเหตุ การคำนวณหาต้นทุนต่อหน่วย (มิลล์/หน่วย) คำนวณได้ดังนี้

ค่าใช้จ่ายประจำ $= \frac{466.91 \times 1,000}{37,803} = 12.351136$

ค่าเชื้อเพลิง $= \frac{1,487.55 \times 1,000}{37,803} = 39.350051$

ค่าเดินเครื่องและบำรุงรักษา $= \frac{48.29 \times 1,000}{37,803} = 1.2774113$