คู่มือเตรียมสอบ

นายช่างไฟฟ้า ปฏิบัติงาน

ปี 2566

กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น

ประกอบด้วย

- ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้า
- ความรู้เกี่ยวกับระบบไฟฟ้ากำลัง ระบบมอเตอร์ไฟฟ้า ระบบแสงสว่าง และเครื่องปรับอากาศ
- ความรู้เกี่ยวกับการติดตั้ง ซ่อมแซม บำรุงรักษาเครื่องมือ เครื่องใช้เกี่ยวกับไฟฟ้าและระบบไฟฟ้า
- ความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์และคำนวณหาค่าวงจรไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์
- ความรู้ที่เกี่ยวกับงานตาม "ลักษณะงานที่ปฏิบัติ" ของ ตำแหน่งที่สมัครสอบ

เปิดติวครบวงจร ทุกหน่วยงานสอบและติวทางไปรษณีย์
ติดต่อ 02-3186868, 02-3141492
ศูนย์รวมคู่มือเตรียมสอบและแนวข้อสอบ มีวางจำหน่ายตามศูนย์หนังสือทั่วประเทศ
บริการจัดส่งพัสดุ หรือ ไฟล์ดาวน์โหลด www.thebestcenter.com
ติดต่อไลน์ Line ID : @thebestcenter หรือ Line ID : 0822151906

270.-

ระบบไฟฟ้ากำลัง

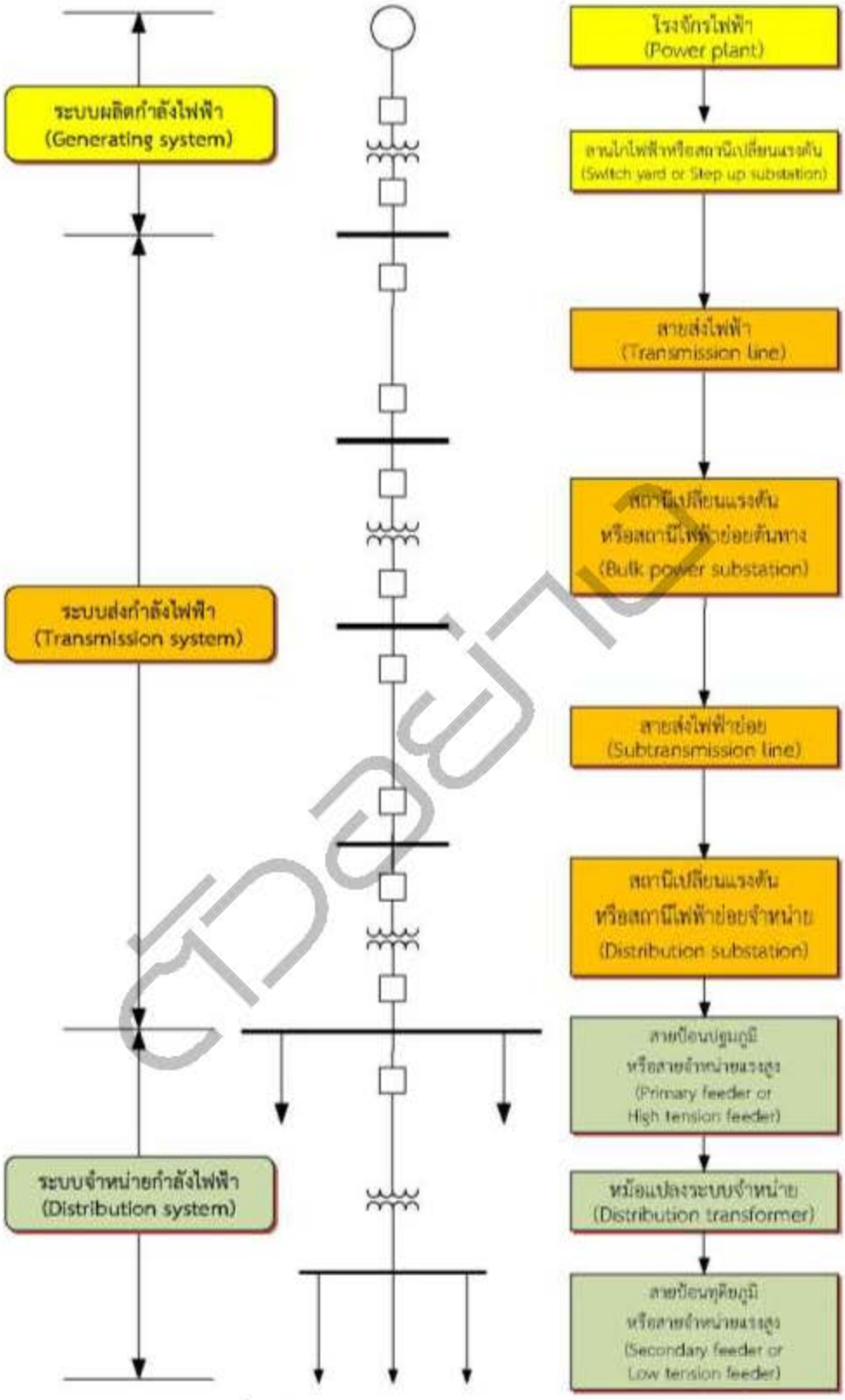
ระบบส่งกำลังไฟฟ้าประกอบด้วยสายส่งไฟฟ้าแรงสูง (Transmission Lines) และสถานีไฟฟ้า (Substations) ระบบส่งไฟฟ้าเป็นส่วนสำคัญในการส่งพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งผลิตมาสู่ผู้ใช้ไฟ สายส่งไฟฟ้าเปรียบเสมือนเส้นทางลำเลียงพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งผลิตไปยังอีกจุดหนึ่งที่อยู่ไกลออกไป โดยมีสถานีไฟฟ้าเป็นจุดที่เชื่อมโยงระหว่างสายส่งไฟฟ้าจากจุดต่างๆ ซึ่งเป็นจุดที่แปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจากแรงดันสูงที่ส่งไปในสายส่ง ลงเป็นแรงดันต่ำเพื่อส่งจ่ายไปยังผู้ใช้ไฟฟ้า ระบบส่งไฟฟ้ามีความซับซ้อนมากเพราะว่ามีสายส่งไฟฟ้าหลายเส้น มีสถานีไฟฟ้าหลายแห่งเชื่อมโยงรับ-ส่งพลังงานไฟฟ้าทั่วถึงกันเป็นร่างแห เรียกว่า Network หรือ Grid ระบบส่งไฟฟ้าหลักที่เชื่อมโยงการจ่ายไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าและสถานีไฟฟ้าต่างๆ รวมทั้งสายส่งเชื่อมโยงระหว่างระบบไฟฟ้าในประเทศนี้ เรียกว่า Main Grid หรือ National Transmission Grid ซึ่งระบบส่งกำลังไฟฟ้าสามารถเขียนแทนด้วยไดอะแกรมเส้นเดี่ยวและวงจรจำลองดังรูปที่ 2.1 และ2.2

2.1 ระบบผลิตกำลังไฟฟ้า (Generating system)

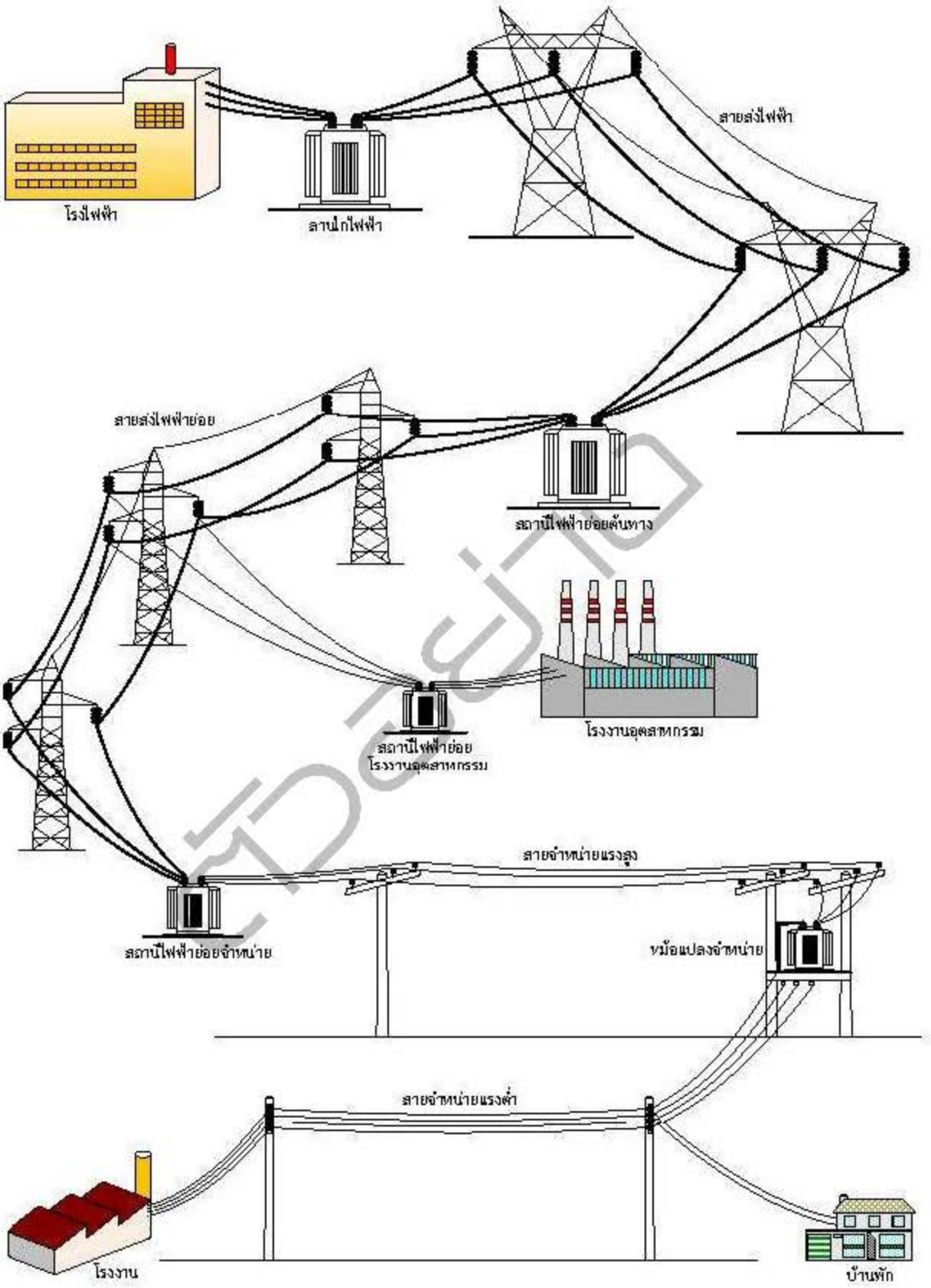
ระบบผลิตกำลังไฟฟ้า หมายถึงระบบที่มีการเปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานรูปแบบอื่นๆ เป็นพลังงานไฟฟ้า เช่น เปลี่ยนจากพลังงานศักย์ของน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือเปลี่ยนพลังงานความร้อนที่ได้จากถ่านหิน แก๊ส น้ำมัน หรือปฏิกิริยานิวเคลียร์เป็นพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น กระบวนการที่เปลี่ยนพลังงานรูปแบบอื่นเป็นพลังงานไฟฟ้านั้น ส่วนใหญ่จะผ่านรูปของพลังงานกลก่อนเสมอและใช้พลังงานกลเป็นตัวขับ (Prime mover) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกทีหนึ่ง แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะถูกส่งมายังสถานีไฟฟ้าย่อยหรือลานไกไฟฟ้า (Switch yard) เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น ลานไกไฟฟ้านี้เป็นที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมและป้องกันความผิดปกติอาจเกิดขึ้นระหว่างระบบผลิตกำลังไฟฟ้ากับระบบส่งกำลังไฟฟ้า

ระบบผลิตกำลังไฟฟ้าบางครั้งเรียกว่า โรงไฟฟ้าหรือโรงจักรไฟฟ้า (Power plant) การเรียกชื่อโรงไฟฟ้านั้นนิยมเรียกตามลักษณะของแหล่งพลังงานหรืออาจเรียกตามชนิดของตัวขับ

แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยทั่ว ๆ ไปมีค่าไม่เกิน 20 kV ทั้งนี้เกิดจากสาเหตุของฉนวนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและการคำนึงถึงผลทางเศรษฐศาสตร์ด้วย ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้ในปัจจุบันมีค่าแรงดันจ่ายออกหลายระดับ เช่น 3.5 kV, 11 kV และ 13.8 kV แรงดันดังกล่าวจะถูกแปลงให้สูงขึ้นที่ลานไกไฟฟ้า (Switch yard) มีค่าเป็นไปตามระดับแรงดันมาตรฐานที่ใช้ส่งกำลังไฟฟ้า คือ 69 kV,115 kV, 230 kV หรือ 500 kV การส่งกำลังไฟฟ้าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งจะเลือกส่งด้วยระดับแรงดันระดับใดขึ้นอยู่กับระยะทางที่ใช้ส่งเป็นสำคัญ ในการส่งกำลังไฟฟ้าแรงดันสูงนั้นจะส่งด้วยระบบ 3 เฟส เพราะว่าการเพิ่มสายส่งขึ้นอีกหนึ่งเส้นจะสามารถส่งกำลังไฟฟ้าได้สูงกว่าระบบเฟสเดียวถึง 75 เปอร์เซ็นต์ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบขณะใช้แรงดันและกระแสไฟฟ้าจำนวนเท่าๆ กัน



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

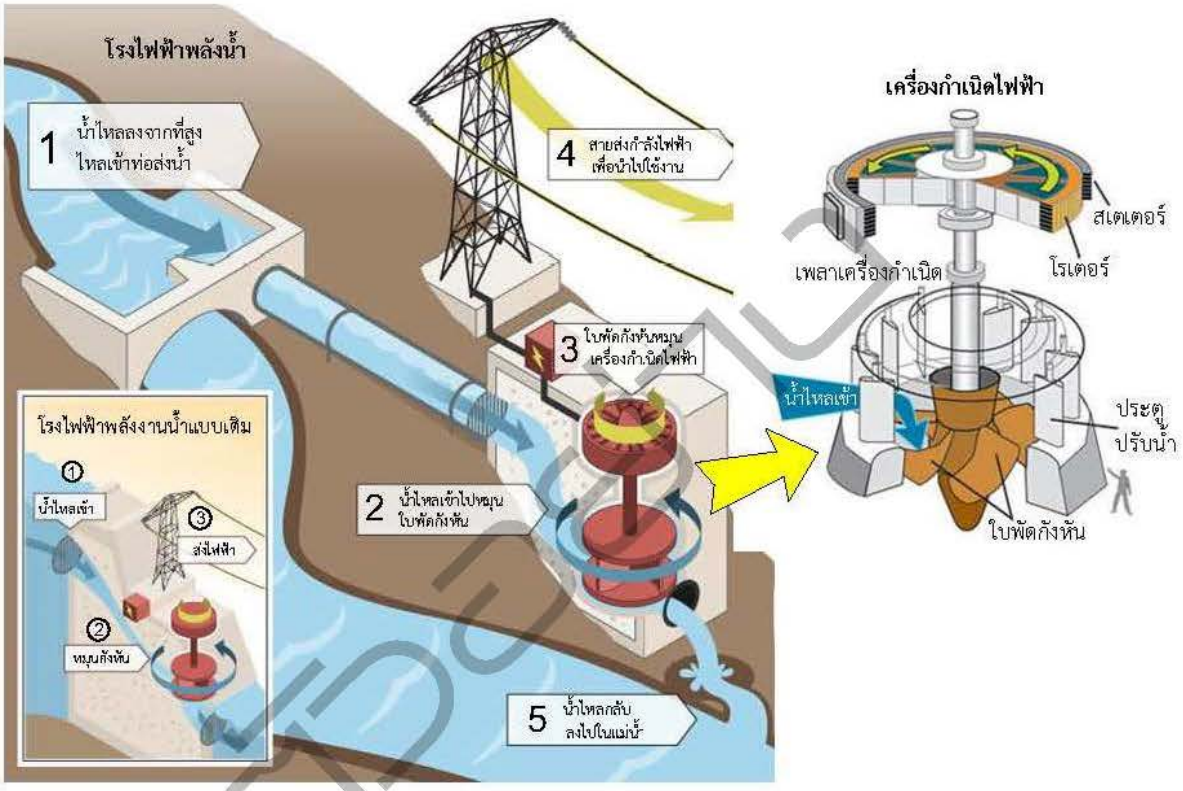


รูปที่ 2.2 แสดงวงจรจำลองของระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

โรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าสามารถแยกตามประเภท ลักษณะ และวิธีการผลิตได้ดังนี้

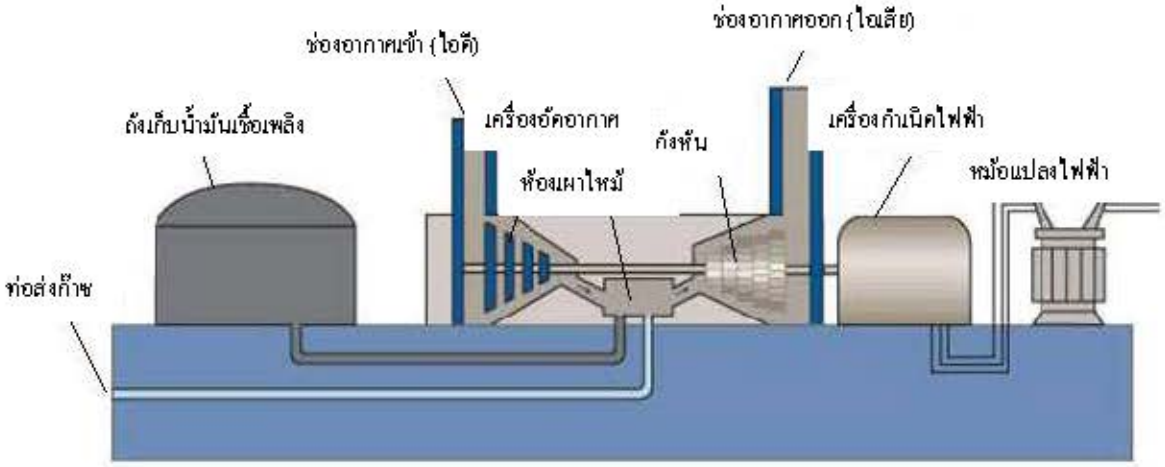
2.1.1 โรงไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydroelectric power plant) คือ โรงไฟฟ้าที่อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลง

สถานะพลังงานศักย์ของน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยความแตกต่างของระดับน้ำเหนือเขื่อนและท้ายเขื่อน มาใช้หมุนกังหันน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า องค์ประกอบหลักของโรงไฟฟ้า ประกอบด้วย เขื่อนกักเก็บน้ำ ท่อส่งน้ำ กังหันน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และหม้อแปลงไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังน้ำมีค่าบำรุงรักษาน้อย สามารถเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้รวดเร็ว อายุการใช้งานนาน ผลพลอยได้จากอ่างเก็บน้ำใช้ในการชลประทานการเกษตรกรรม เหมาะกับการใช้ผลิตไฟฟ้าเสริมช่วงที่ต้องการไฟฟ้าสูงสุด หลักการทำงานโรงไฟฟ้าพลังน้ำแสดงดังรูปที่ 2.3



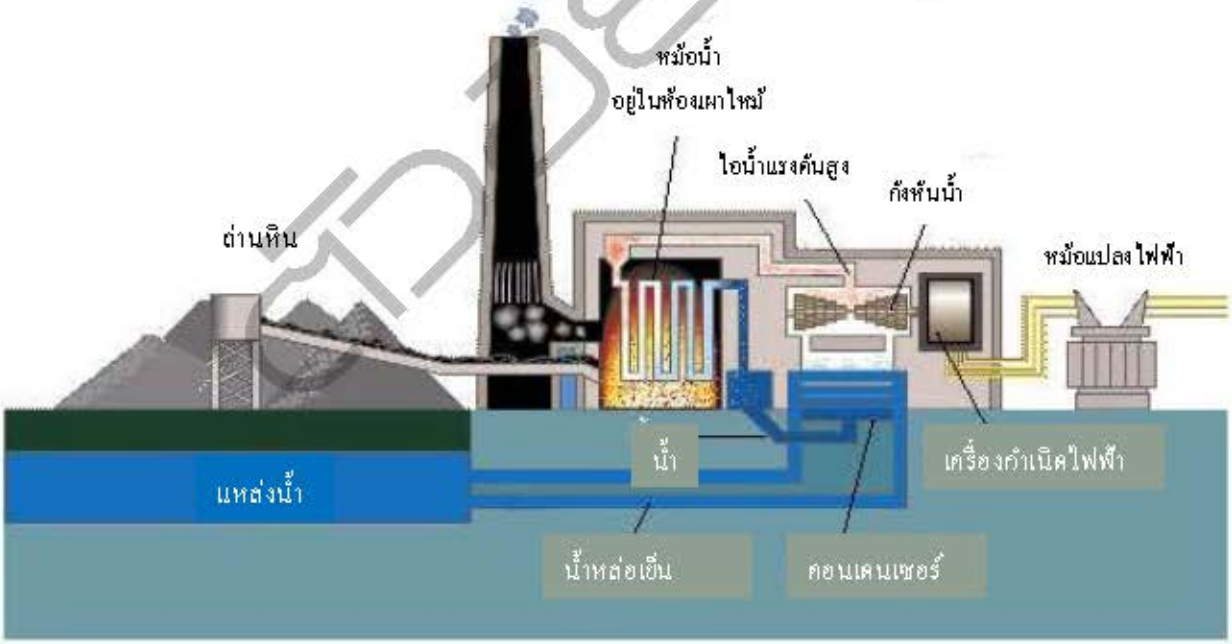
รูปที่ 2.3 แสดงหลักการทำงานและโรงไฟฟ้าพลังน้ำ
(ที่มา : www.thummech.com)

2.1.2 โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ (Gas turbine power plant) คือ โรงไฟฟ้าที่ใช้กังหันก๊าซเป็นเครื่องต้นกำลัง ซึ่งจะได้พลังงานจากการเผาไหม้ของส่วนผสมระหว่างก๊าซธรรมชาติหรือน้ำมันดีเซล กับอากาศความดันสูงจากเครื่องอัดอากาศในห้องเผาไหม้ เกิดเป็นไอร้อนที่มีความดันและอุณหภูมิสูงไปขับดันใบกังหัน เพลากังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซมีประสิทธิภาพประมาณ 25 % สามารถเดินเครื่องได้อย่างรวดเร็ว เหมาะที่จะใช้เป็นโรงไฟฟ้าสำรองผลิตพลังงานไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงสุดและกรณีฉุกเฉิน โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซแสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงหลักการทำงานโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ
(ที่มา : https://jobs.tva.com/power)

2.1.3 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนกังหันไอน้ำ (Steam turbine power plant) คือ โรงไฟฟ้าที่ใช้เครื่องกังหันไอน้ำ เป็นเครื่องต้นกำลัง โดยอาศัยเชื้อเพลิงหลายอย่าง เช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น หลักการทำงานเบื้องต้นโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนกังหันไอน้ำ แสดงดังรูปที่ 2.5

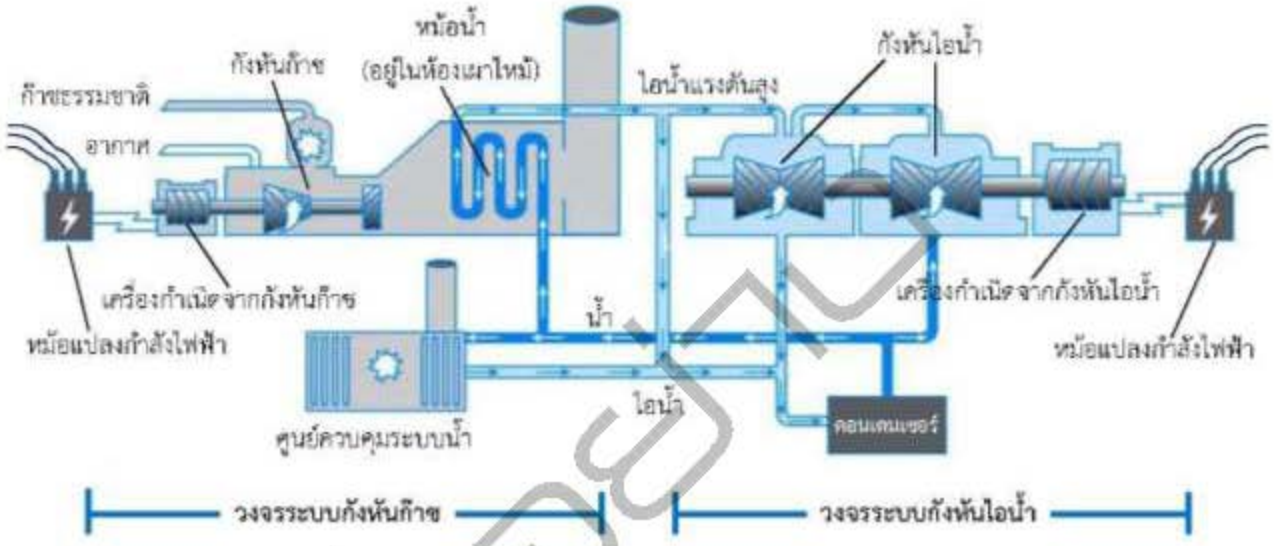


รูปที่ 2.5 แสดงหลักการทำงานโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนกังหันไอน้ำ
(ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Fossil-fuel_power_station)

เครื่องกังหันไอน้ำเป็นเครื่องจักรกลความร้อนที่อาศัยหลักการเทอร์โมไดนามิกส์ (Thermo dynamics) อาศัยหลักการวัฏจักรแรนคิน (Rankine cycle) โดยใช้น้ำเป็นตัวกลาง ซึ่งน้ำจะอยู่ในหม้อน้ำ (Steam boiler) ได้รับความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง จนทำให้กลายเป็นไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูงจะเข้าเครื่องกังหันไอน้ำใช้ในการผลักใบกังหันให้หมุนขับเพลาของเครื่อง

กำเนิดไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าออกมาได้

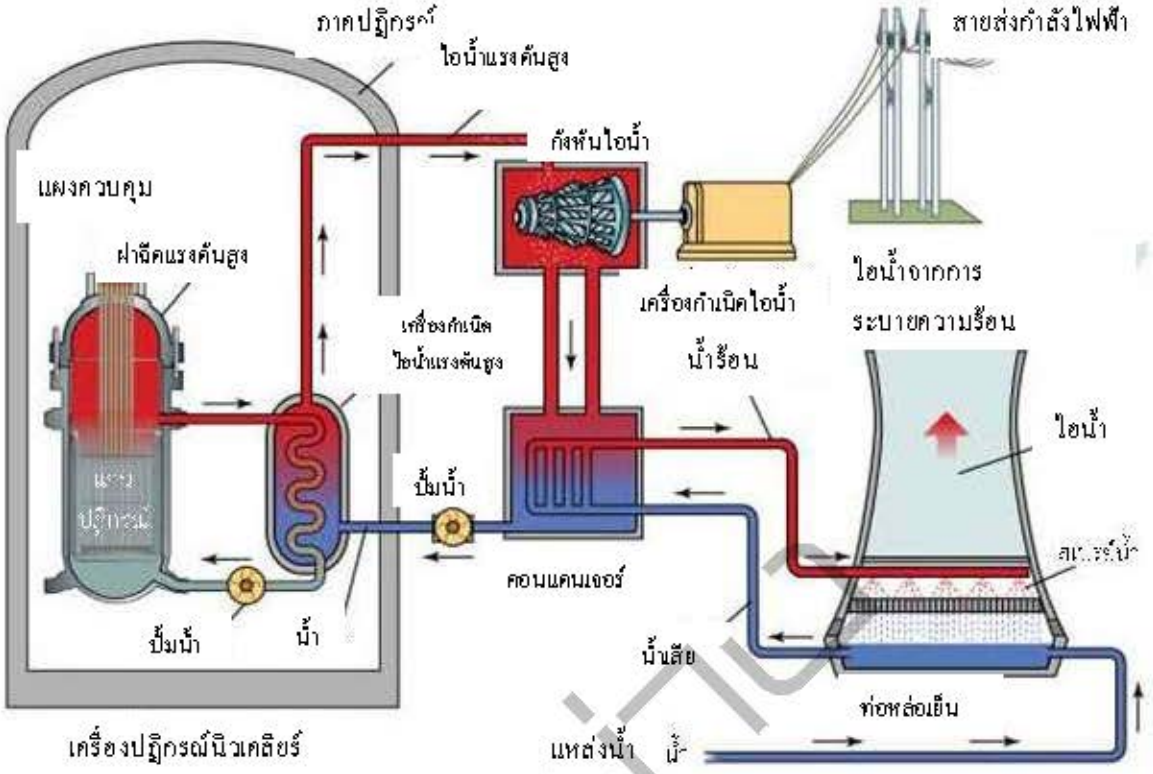
2.1.4 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Cogeneration or Combined cycle power plant) ประกอบด้วยโรงไฟฟ้า 2 ระบบร่วมกัน คือ โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ และโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำนำความร้อนจากไอเสียที่ออกจากเครื่องกังหันก๊าซซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 550 องศาเซลเซียส มาต้มน้ำ ให้เป็นไอน้ำ ไปดันกังหันไอน้ำให้หมุน ซึ่งจะต่ออยู่กับแกนเดียวกันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเครื่องกังหันไอน้ำจะขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้าอีกเครื่องหนึ่งทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น หลักการทำงานโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงหลักการทำงานโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม

(ที่มา : http://www.midcogen.com)

2.1.5 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (Nuclear power plant) คือ โรงไฟฟ้าความร้อนชนิดหนึ่งซึ่งมีชื่อตามประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าทั้งนี้ ต้นกำเนิดของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ จะอาศัยพลังความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาฟิชชันของเชื้อเพลิงยูเรเนียม (Uranium) จะใช้ในกระบวนการผลิตไอน้ำ ที่ใช้ในการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (Nuclear reactor) เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์จะแบ่งออกตามชนิดของสารระบายความร้อน และสารหน่วงปฏิกิริยานิวตรอน แต่ที่นิยมใช้โดยทั่วๆ แบ่งออกเป็น 5 แบบ คือแบบน้ำเดือด (Boiling water reactor), แบบอัดความดันน้ำ (Pressurized water reactor), แบบอัดความดันน้ำหนักมวล หรือแบบแคนดู (Pressurized heavy - water reactor), แบบใช้ก๊าซฮีเลียมระบายความร้อน (High - temperature gas cooled reactor) และแบบแลกเปลี่ยนความร้อนโลหะเหลว (Liquid - metal fast broader reactor) หลักการทำงานโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ แสดงดังรูปที่ 2.7



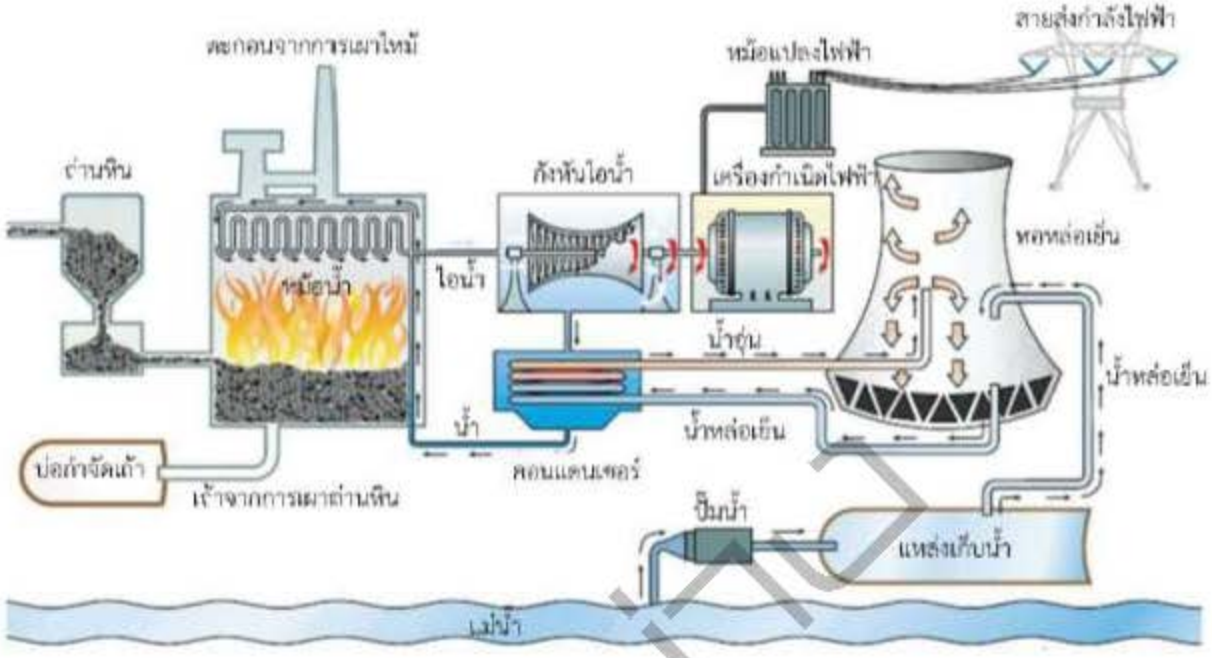
รูปที่ 2.7 แสดงหลักการทำงานโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

(ที่มา : https://global.britannica.com)

2.1.6 โรงไฟฟ้าถ่านหิน (Coal-Fired Thermoelectric Power Plant) โรงไฟฟ้าถ่านหินถือว่าเป็นโรงไฟฟ้าที่มีความสำคัญอย่างมากสำหรับประเทศไทย เนื่องจากเป็นโรงไฟฟ้าที่มีต้นทุนต่อหน่วยการผลิตถูกที่สุด สำหรับโรงไฟฟ้าถ่านหินที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทยคือโรงไฟฟ้าแม่เมาะซึ่งใช้ถ่านหินลิกไนต์จากเหมืองแม่เมาะมาใช้ในการผลิต ไฟฟ้า การที่ประเทศเรามีโรงไฟฟ้าแม่เมาะทำให้ราคาค่าไฟของเราถูกลงมากถ้าหากประเทศเราขาดโรงไฟฟ้าแห่งนี้ไปค่าไฟฟ้าคงแพงขึ้นกว่าเดิมมาก

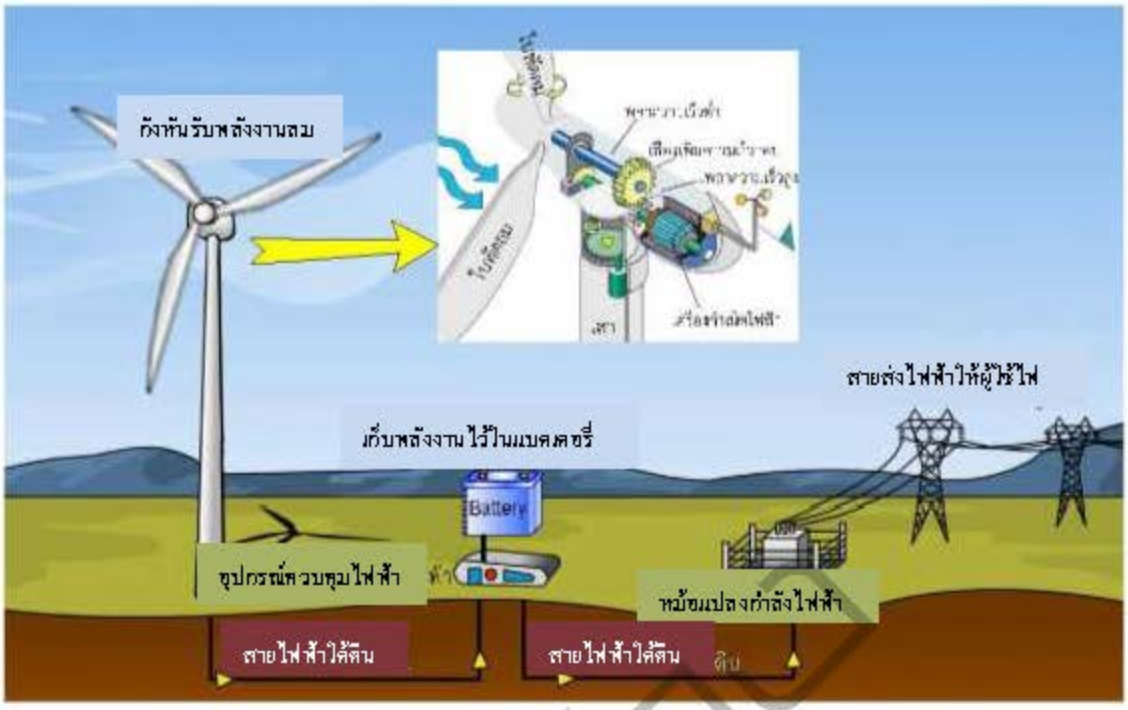
สำหรับขั้นตอนในการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินมีดังนี้ ถ่านหินจะถูกส่งจาก Transfer house เข้าสู่ไซโลโดยระบบสายพานลำเลียง ปริมาณถ่านหิน 800 ตัน/ชั่วโมง จะถูกลำเลียงและป้อนเข้าสู่ตัวบดถ่านหิน ให้เป็นเม็ดเล็กลงไปอีก ให้ได้ขนาดประมาณ 1/4 นิ้ว หรือเล็กกว่านั้นอีก เพื่อให้ง่ายต่อการเผาไหม้เพื่อต้มน้ำในboiler น้ำจำนวนมากใน boiler จะกลายเป็นไอที่ความร้อนสูงประมาณ 540 องศาเซลเซียส และมีความดันประมาณ 2,400 psi ไอน้ำที่มีความดันสูงนี้จะอัดตัวกันอยู่ภายในท่อ ซึ่งต่อมายัง Turbine พัดลมพลังสูงจะเป่าอากาศเข้าสู่ Boiler เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้นทำให้ไอน้ำมีความดันถึง 2,400 psi เพื่อไปขับใบพัดของ Turbine ให้หมุนถึงประมาณ 3,600 rpm ตัว Turbine ซึ่งต่ออยู่กับ Generator (เครื่องกำเนิดไฟฟ้า) จะผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมา ส่วนไอน้ำที่ออกจาก Turbine จะมีความดันต่ำลงและจะไหลผ่านCondenser และเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำเพื่อจะนำกลับมาใช้ได้อีก ส่วนอากาศเสียจากการเผาไหม้จะถูกพัดลมดูดเพื่อจะนำไปปล่อยที่ปลายปล่องควันของเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ (ของเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ประกอบด้วย CO2 , SO2 , NOx, ash, slag, gypsum) จะถูกกำจัดโดย Electrosrtatic precipitators ฝุ่นนี้ผงเถ้าละเอียด (Fine ash)

ถึง 99% จะถูกกำจัดที่จุดนี้เช่นกัน ผงเถ้าละเอียดที่ถูกกำจัดแล้วจะถูกรวบรวมไว้ที่เก็บผงเถ้า (Ash silo) เพื่อที่จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป



รูปที่ 2.8 แสดงหลักการทำงานของโรงไฟฟ้าถ่านหิน
(ที่มา : http://water.usgs.gov)

2.1.7 โรงไฟฟ้าพลังงานลม (Wind-electric turbine) จะใช้หลักการเหมือนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั่วไป แต่ตัวต้นกำลังขับคือแรงลม เมื่อลมพัดผ่านใบกังหัน (คล้ายใบพัดลมขนาดใหญ่) กังหันลมจะหมุน ซึ่งการหมุนนี้จะไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่กับเพลาความเร็วสูงหมุนไปตามความเร็วลมผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาได้ กังหันลมที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ใบกังหัน, ระบบควบคุม, ระบบส่งกำลัง และหอคอย การนำพลังงานลมมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยมี 2 ลักษณะคือ แบบตั้งอิสระ (Stand - alone) และแบบต่อเข้ากับระบบสายส่ง การใช้พลังงานลมในการผลิตไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงการใช้พลังงานลมในการผลิตไฟฟ้า

(ที่มา : http://energy.gov/eere/wind/how-do-wind-turbines-work)

โรงไฟฟ้าพลังงานลมปกติกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าจะทำงานที่ความเร็วลมตั้งแต่ 3 m/s ขึ้นไปจนถึง 12m/s หากความเร็วลมสูงเกินไปจะมีระบบควบคุมการเบรกไม่ให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนเพื่อให้ระบบการทำงานมีความปลอดภัย เช่น โรงไฟฟ้าพลังงานลมลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา เป็นต้น

2.1.8 โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar farm) พลังงานแสงอาทิตย์เกิดจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ที่เกิดขึ้นบนดวงอาทิตย์ ซึ่งพลังงานที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์จะอยู่ในรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีค่าพลังแสงอาทิตย์ 105 เทอราวัตต์ การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้ามี 2 วิธี คือ

- กระบวนการโฟโต้วอลเทอิก (Photovoltaic conversion) การเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าโดยตรงจากแสงที่ตกกระทบผ่านเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell)

- กระบวนการความร้อน (Solar thermodynamics conversion) จะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นความร้อนแล้วเปลี่ยนต่อเป็นไฟฟ้า ซึ่งจะมีส่วนประกอบ 2 ชุด คือ ชุดเก็บสะสมความร้อนและชุดอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า

การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected - system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง ใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมือง หรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

รูปที่ 2.10 แสดงการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ผลิตพลังงานไฟฟ้า (Solar farm)

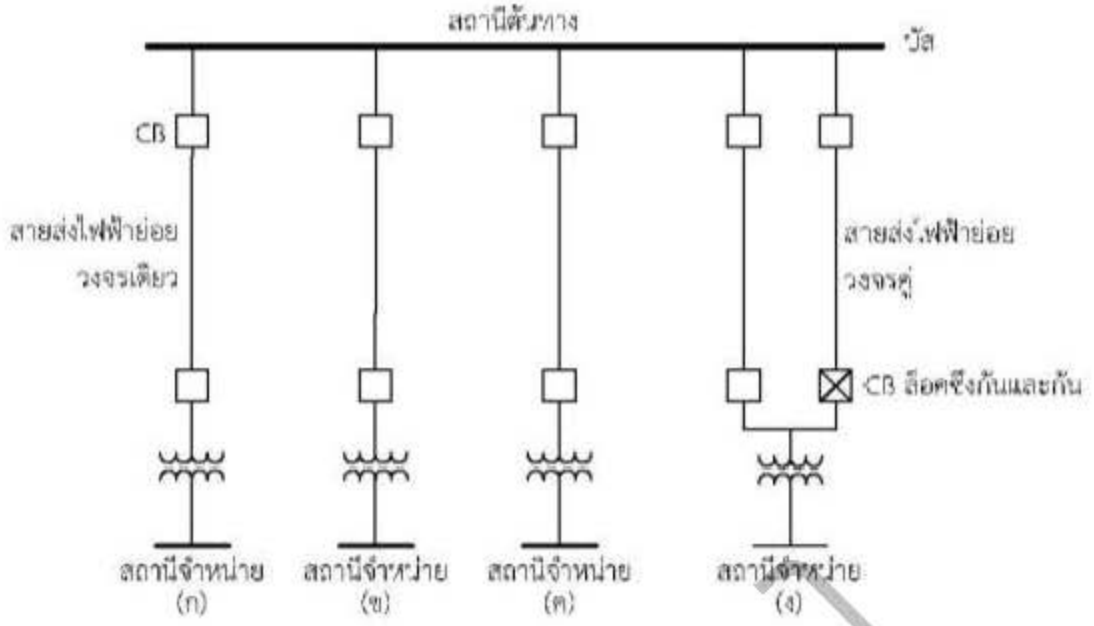
2.2 ระบบส่งกำลังไฟฟ้า (Transmission system)

ระบบส่งกำลังไฟฟ้า คือ ระบบส่งพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าไปยังระบบจำหน่าย ซึ่งเป็นศูนย์กลางการจ่ายโหลด (Load center) โดยคำนึงถึงระยะทางที่ใกล้ที่สุดและประหยัดที่สุดในการส่งพลังงานไฟฟ้า อาจใช้สายอากาศเดินเหนือศีรษะ (Overhead aerial line) หรือใช้สายเคเบิลเดินใต้ดิน (Underground cable) ก็ได้ ในกรณีที่ส่งด้วยสายอากาศเดินเหนือศีรษะจะมีสายเล็กๆ ขึงอยู่ข้างบนสายส่งไฟฟ้า เรียกว่าสายดินเหนือศีรษะ (Overhead ground wire) สายดินเส้นนี้จะต่อตรงอยู่กับเสาโครงเหล็ก (Steel tower) มีหน้าที่ป้องกันมิให้แรงดันฟ้าผ่ารบกวนสายส่งและเป็นตัวนำกระแสฟ้าผ่าลงสู่ดิน ระบบส่งกำลังไฟฟ้าจะประกอบด้วย

- สถานีย่อยแปลงแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น (Step-up substation)
- สายส่งกำลังไฟฟ้า (Transmission line) หรือเรียกว่า สายส่ง
- สถานีย่อยต้นทาง (Primary substation)
- สายส่งกำลังไฟฟ้าย่อย (Sub transmission line) หรือเรียกว่า สายส่งย่อย

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ส่งผ่านสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยในปัจจุบันมีระดับ 69 kV,115 kV, 132 kV, 230 kV และ 500 kV ซึ่งลักษณะของวงจรในระบบส่งกำลังไฟฟ้ามีดังนี้

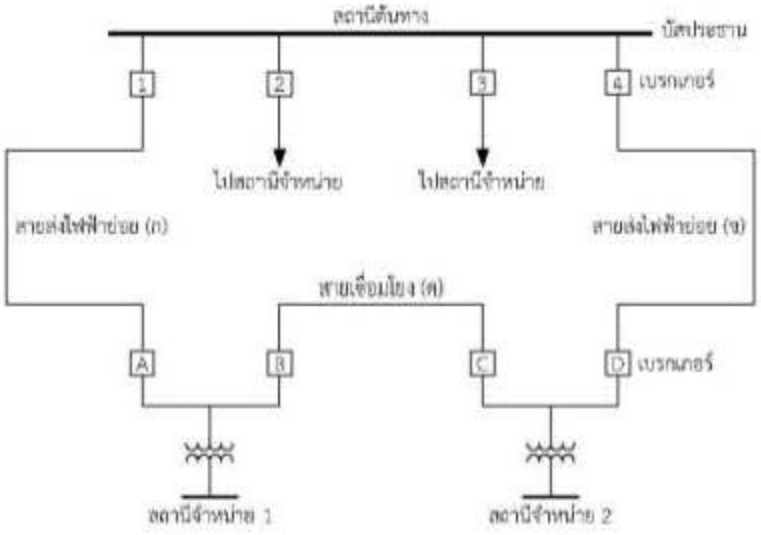
2.2.1 แบบเรเดียล (Radial system) เป็นการจัดวงจรกระจายออกเชิงรัศมี ดังรูปที่ 2.11 จะเห็นว่าสายส่งไฟฟ้าย่อยที่ต่อเชื่อมระหว่างสถานีไฟฟ้าย่อยต้นทางกับสถานีไฟฟ้าย่อยจำหน่ายต่อแบบกระจายทุกสถานี โดยระหว่างสถานีไม่มีการต่อเชื่อมถึงกันเลย การต่อวงจรแบบเรเดียลเป็นแบบประหยัดที่สุดแต่มีความเชื่อถือต่ำที่สุด เพราะว่าถ้าเกิดเหตุขัดข้องหรือฟอลต์ (Fault) ที่บัสหรือที่บริเวณสายส่งย่อยก็ตาม สถานีไฟฟ้าย่อยจำหน่ายจะขาดแรงดันไฟฟ้าทันที



รูปที่ 2.11 การต่อวงจรสายส่งไฟฟ้าย่อยแบบเรเดียล

การปรับปรุงวงจรแบบเรเดียลให้มีความเชื่อถือมากขึ้น ทำโดยการเดินสายส่งไฟฟ้าย่อยเพิ่มขึ้นอีก 1 วงจร ดังสถานีไฟฟ้าย่อยจำหน่าย (ง) การเพิ่มแหล่งจ่ายสำรองขึ้นอีก 1 วงจรจะช่วยให้ระบบมีความต่อเนื่องมากขึ้น เพราะถ้าเกิดเหตุขัดข้องที่สายของวงจรใดวงจรหนึ่ง จะเหลืออีกวงจรหนึ่งช่วยจ่ายไฟได้ทันที จากรูปที่ 2.11 จะเห็นว่ามีเบรกเกอร์ต่อขนานกัน 2 ตัว ในทางปฏิบัติเบรกเกอร์ทั้ง 2 ตัวไม่ได้จ่ายไฟพร้อมกัน แต่จะผลัดกันจ่ายทีละวงจร โดยมีระบบล็อกซึ่งกันและกัน (Interlock) ไว้ กล่าวคือ ถ้าเบรกเกอร์ตัวหนึ่งปิดวงจรอีกตัวหนึ่งจะเปิดวงจร และเบรกเกอร์ตัวที่เปิดวงจรจะปิดได้ก็ต่อเมื่อเบรกเกอร์อีกตัวหนึ่งเปิดวงจรเสียก่อน

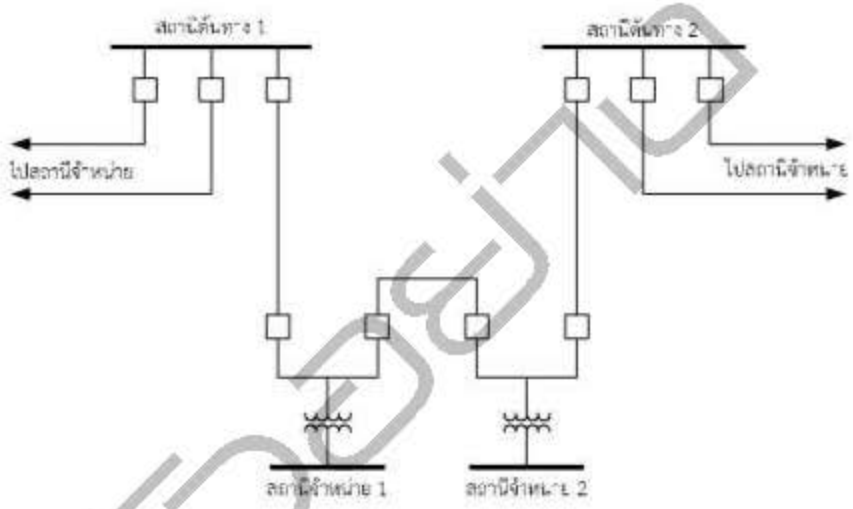
2.2.2 แบบลูป (Loop system) เป็นการส่งกำลังไฟฟ้าจากบัสของสถานีต้นทางเข้าสู่สถานีไฟฟ้าจำหน่ายของแต่ละสถานี จากนั้นจะวกกลับมาที่เดิม ดังรูปที่ 2.12 จากวงจรจะเห็นว่าถ้าหากเกิดฟอลต์ที่สายส่งไฟฟ้าย่อย (ก) ก็ยังคงมีไฟฟ้าใช้จากสายส่งไฟฟ้าย่อย (ข) แต่ถ้าหากเกิดฟอลต์ขึ้นที่บัสของสถานีต้นทางไฟฟ้าจะดับทั้งหมด



รูปที่ 2.12 การต่อวงจรสายส่งไฟฟ้าย่อยแบบลูป

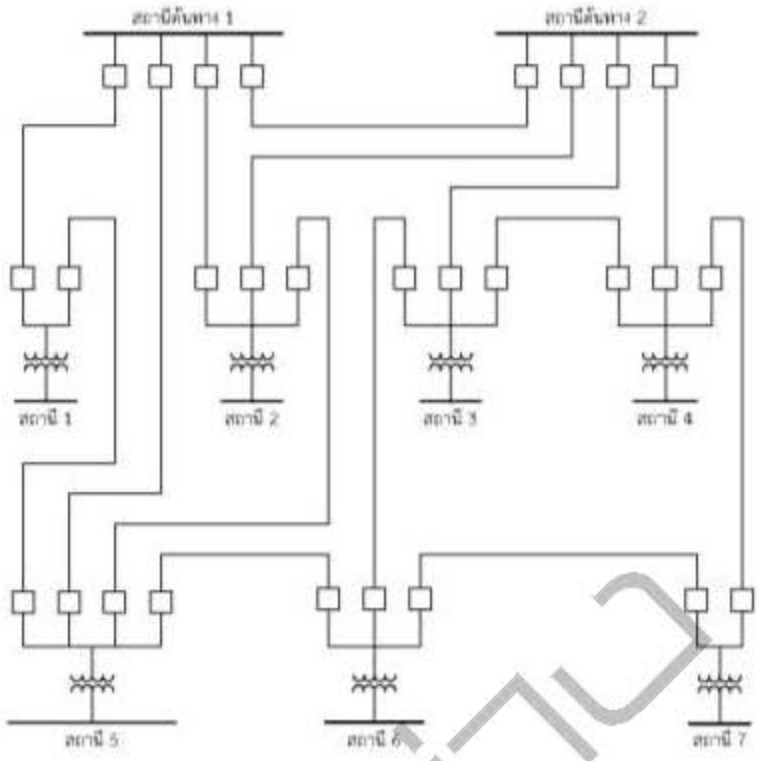
การต่อวงจรแบบลูป จะมีข้อดีคือ ในสภาวะปกติจะมีแรงดันตกน้อย และถ้าเกิดฟอลต์ที่สายส่วนใดๆ สายส่วนนั้นจะถูกตัดออกกลายเป็นวงจรเรเดียล สมมุติว่าถ้าเกิดฟอลต์ที่สายเชื่อมโยง (ค) เบรกเกอร์ B และC จะตัดสายชุดนั้นออก หรือถ้าเกิดฟอลต์ที่สาย (ก) เบรกเกอร์ 1 และ A จะเป็นตัวตัดสายออก ซึ่งการเกิดฟอลต์ทั้ง 2 กรณี สถานีจำหน่าย 1 และสถานีจำหน่าย 2 ก็ยังคงจ่ายไฟได้ตามปกติ แต่การต่อวงจรแบบลูปนี้เมื่อเกิดฟอลต์จะมีระดับฟอลต์ (Fault level) รุนแรงกว่าการต่อวงจรแบบเรเดียลเพราะมีกระแสไหล 2 ทาง

2.2.3 แบบแท็ป-ทาย (Tap-tie system) เป็นการต่อวงจรที่ต่อแยก (Tap) ออกมาจากจุดเชื่อมโยง (Tie) ของแหล่งจ่าย 2 แห่ง จากรูปที่ 2.13 จะเห็นว่ามีสถานีไฟฟ้าย่อยจำหน่าย 2 แห่งต่อเชื่อมอยู่กับสถานีไฟฟ้าย่อยต้นทาง 2 แห่ง ถึงแม้ว่าวงจรการต่อจะคล้ายคลึงกับการต่อแบบลูปก็ตาม แต่ในกรณีนี้ แหล่งจ่ายพลังงานอยู่แยกจากกันคนละสถานี จึงทำให้มีความเชื่อถือสูงกว่าการต่อแบบลูป กล่าวคือถ้าสถานีต้นทางขัดข้องหนึ่งแห่งก็ยังมีแหล่งจ่ายสำรองอีกหนึ่งแห่งช่วยจ่ายแทน



รูปที่ 2.13 การต่อวงจรสายส่งไฟฟ้าย่อยแบบแท็ป-ทาย

2.2.4 แบบเน็ตเวิร์ก (Network system) เรียกอีกอย่างว่าแบบตาข่าย เนื่องจากเป็นการต่อเชื่อมโยงระหว่างสายส่งไฟฟ้าย่อยจากหลายๆ สถานีต้นทาง ดังรูปที่ 2.14 ดังนั้นวงจรแบบนี้จะมีความเชื่อถือสูงกว่าแบบใดๆ ที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด หรืออาจกล่าวได้ว่า การต่อวงจรแบบนี้จะไม่มีไฟฟ้าดับ จึงเหมาะที่จะใช้ในย่านธุรกิจ ชุมชนเมืองใหญ่ๆ เนื่องจากความคล่องตัวและความซับซ้อนของวงจรมากจึงทำให้ระบบนี้ต้องใช้ระบบป้องกันที่ยุ่งยาก บางทีอาจเรียกว่าการต่อวงจรแบบกริด (Gird system)



รูปที่ 2.14 การต่อวงจรสายส่งไฟฟ้าย่อยแบบเน็ตเวิร์ค

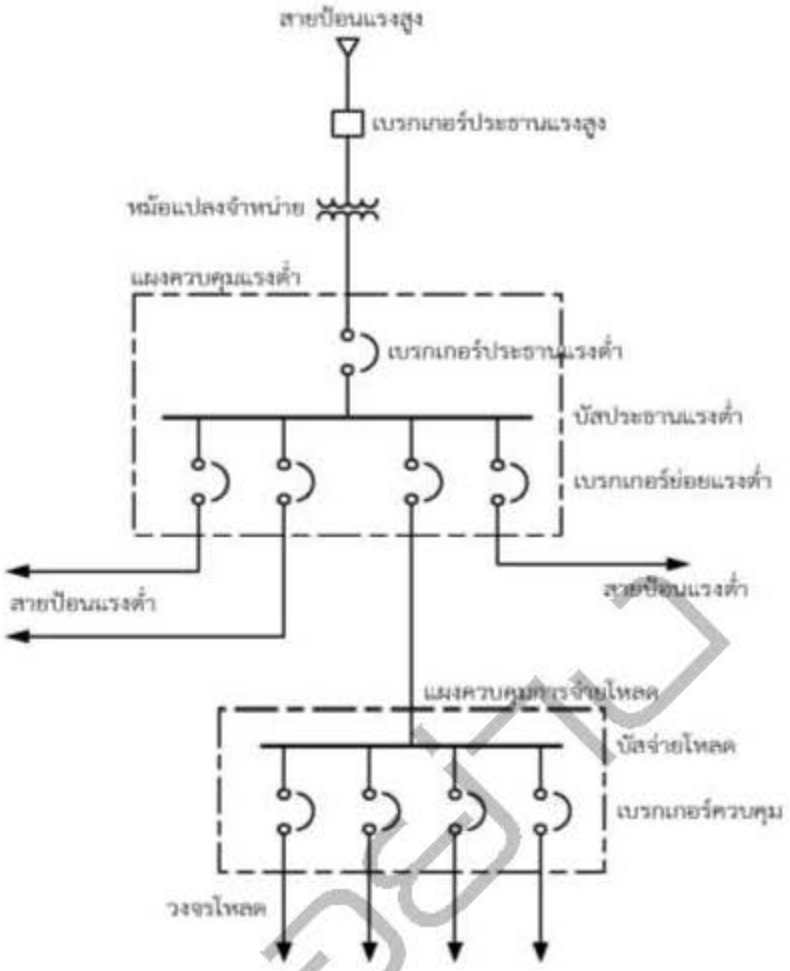
2.3 ระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า (Distribution system)

ระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า คือ ระบบที่ทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าจากระบบส่งกำลังไฟฟ้าเพื่อจ่ายไปยังผู้บริโภค ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าประกอบด้วย

- สถานีไฟฟ้าย่อยจำหน่าย (Secondary substation)
- สายป้อนหรือสายจำหน่ายแรงสูง (Primary distribution line or High tension feeder)
- หม้อแปลงจำหน่าย (Distribution transformer)
- สายจ่ายหรือสายจำหน่ายแรงต่ำ (Secondary distribution line or Low tension feeder)

เมื่อสถานีย่อยจำหน่ายได้รับแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งย่อย ก็จะแปลงแรงดันไฟฟ้าให้มีพิกัดแรงดัน 12 kV, 24 kV (กฟน.) และ 11 kV, 22 kV, 33 kV (กฟภ.) แล้วส่งแรงดันไฟฟ้าผ่านสายป้อน ให้ผู้ใช้ไฟรายใหญ่ซึ่งอาจเป็นโรงงานอุตสาหกรรม, ส่วนราชการ, ศูนย์การค้าหรืออาคารสิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่ แล้วผู้ใช้ไฟดังกล่าวจะติดตั้งหม้อแปลงลดระดับแรงดันให้มีพิกัดแรงดัน 230/400 V แล้วนำไปจ่ายโหลด หรือการไฟฟ้าส่งแรงดันไฟฟ้าไปยังหม้อแปลงของการไฟฟ้าเพื่อลดระดับแรงดันและจำหน่ายทางด้านแรงดันต่ำแบ่งเป็นระบบจำหน่าย 1 เฟส 2 สาย 230 V, ระบบจำหน่าย 1 เฟส 3 สาย 230/460 V และ ระบบจำหน่าย 3 เฟส 4 สาย 230/400 V หลังจากนั้นจึงส่งพลังงานไฟฟ้าผ่านสายจำหน่ายแรงต่ำไปยังผู้ใช้ไฟ ซึ่งลักษณะของวงจรสายป้อนในระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้ามีดังนี้

2.3.1 แบบซิมเพิลเรเดียล (Simple radial) การต่อวงจรแบบซิมเพิลเรเดียลคือการต่อวงจรแบบกระจายเชิงรัศมี เป็นแบบที่นิยมใช้กันมาก ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การต่อวงจรสายป้อนแบบซิมเพิลเรเดียล

จากรูปที่ 2.15 จะเห็นว่าการจัดวงจรไฟฟ้าของแต่ละส่วนมีแผงควบคุม ซึ่งเป็นศูนย์กลางการจ่ายโหลด รูปแบบวงจรชนิดนี้จะใช้สำหรับการจ่ายไฟภายในอาคารที่มีโหลดอยู่ใกล้ๆ กัน เช่น ในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ถ้าเป็นการจ่ายไฟนอกอาคารที่มีโหลดห่างไกลกัน เช่น การจ่ายไฟของการไฟฟ้าให้กับบ้านพักอาศัยก็อาจใช้อุปกรณ์ควบคุมที่แตกต่างกันและไม่มีแผงควบคุม เช่น ใช้ดรอปเอาต์ฟิวส์คัตเอาต์(Dropout fuse cutout) แทนเบรกเกอร์สายป้อนแรงสูง ใช้ฟิวส์แรงต่ำแทนเบรกเกอร์ประธานแรงต่ำ และคัตเอาต์แทนเบรกเกอร์สายป้อนแรงต่ำก็ได้

<u>ข้อดีของวงจร อาจสรุปได้ดังนี้</u>

1) ใช้หม้อแปลงเพียงตัวเดียว

2) ใช้อุปกรณ์ควบคุมไม่ซับซ้อน

3) เมื่อเกิดฟอลต์ในระบบจะมีระดับต่ำ

<u>ข้อเสียของวงจร อาจสรุปได้ดังนี้</u>

1) ถ้าเกิดฟอลต์ขึ้นที่บัสประธานแรงต่ำหรือที่หม้อแปลงจำหน่ายจะไม่มีไฟใช้ทั้งระบบ ดังนั้นการต่อวงจรแบบนี้จึงเหมาะที่จะใช้กับงานซึ่งไม่ต้องการความเชื่อถือมากนัก เช่น บ้านพักอาศัย สำนักงาน และอุตสาหกรรมขนาดเล็ก