เอกสารประกอบการสอน

การส่งและจ่ายไฟฟ้า รหัสวิชา 3104 – 2008

บทที่1 ความรู้ระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า

นายทวี ไชยโคตร

วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

พ.ศ. 2554

คำนำ

เอกสารประกอบการสอนวิชาการส่งและจ่ายไฟฟ้า รหัสวิชา 3104-2008 จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาการส่งและจ่ายไฟฟ้า ได้เรียบเรียงขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนวิชาการส่งและจ่ายไฟฟ้า รหัสวิชา 3104-2008 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลจากหนังสือ ตำรา เอกสารทางวิชาการรวมทั้งเว็บไซต์อินเตอร์เน็ต เนื้อหาสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย เรียงลำดับเนื้อหาไม่ให้สับสนมีรูปภาพประกอบหลากหลายเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น ตัวอย่างการคำนวณหลากหลาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบและท้ายบทเรียนมีแบบฝึกหัด และแบบทดสอบหลังเรียนให้นักศึกษาได้ทบทวนความรู้มีความเข้าใจมากยิ่งขึ้นทั้งนี้ผู้เรียบเรียงได้ใช้ศัพท์ตามพจนานุกรมศัพท์วิศวกรรมไฟฟ้า และสารานุกรมบัญญัติศัพท์ถูกต้องตามหลักวิชาการ ซึ่งเนื้อหาเอกสารประกอบการสอนวิชาการส่งและจ่ายไฟฟ้ามีจำนวนเนื้อหา 3 ส่วนประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 เรื่องความรู้ทั่วไป พื้นฐานอุปกรณ์ระบบการส่งและจ่าย จำนวน 3 หน่วย ได้แก่ บทที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับระบบการส่งและจ่ายไฟฟ้า บทที่ 2 อุปกรณ์ระบบการส่งและจ่ายไฟฟ้าและบทที่ 3 สถานีไฟฟ้าและอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าย่อย

ส่วนที่ 2 เรื่องการคำนวณและวิเคราะห์ระบบการส่งและจ่ายไฟฟ้า จำนวน 4 หน่วย ได้แก่ บทที่ 4 พารามิเตอร์ในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า บทที่ 5 ความสัมพันธ์แรงดันและกระแสในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า บทที่ 6ระยะหย่อนและแรงดึงของสายส่งไฟฟ้า และบทที่ 7 ไดอะแกรมและระบบเปอร์ยูนิต

ส่วนที่ 3 เรื่องการปรับปรุงและซ่อมบำรุงระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า จำนวน 3 หน่วย ได้แก่ บทที่ 8 การปรับปรุงตัวประกอบกำลัง บทที่ 9 โคโรนาและแรงดันตกบนลูกถ้วย และบทที่ 10 การซ่อมบำรุงระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า

ผู้เรียบเรียงหวังว่าเอกสารประกอบการสอนวิชาการส่งและจ่ายไฟฟ้า รหัสวิชา 3104-2008 ที่ได้เผยแพร่คงจะเป็นประโยชน์ด้านวิชาการและการเรียนการสอน ขอขอบคุณผู้บริหาร คณะครูวิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา ที่ช่วยเหลือในการเรียบเรียง และจัดทำเอกสารประกอบการสอนจนเสร็จสมบูรณ์

นายทวี ไชยโคตร
วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	2
สารบัญ	3
บทที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับระบบการส่งและจ่ายไฟฟ้า	**4**
1.1 ประวัติและกิจการไฟฟ้าในประเทศไทย	4
1.2 ระบบการส่งและจ่ายไฟฟ้า	10
1.3 วงจรระบบส่งและจ่ายพลังไฟฟ้า	30
1.4 แรงดันและความถี่มาตรฐานระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	34
1.5 คุณลักษณะและประเภทของโหลด	40
1.6 ความเชื่อถือ ความมั่นคงและเสถียรภาพระบบส่งจ่ายไฟฟ้า	46
บทสรุป	48

บทที่ 1
ความรู้เกี่ยวกับระบบการส่งและจ่ายไฟฟ้า

สาระการเรียนรู้

การผลิตกระแสไฟฟ้านับว่าเป็นพื้นฐานที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาพรวมประชาชนจึงเพิ่มขึ้นตามอัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งมีแหล่งต้นกำลังการผลิตไฟฟ้าเกิดจากหลายแหล่ง แต่ละแหล่งก็จะมีระบบการส่งกระแสไฟฟ้าเข้าในระดับการส่งในเดียวกัน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจะเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบการส่งจ่ายให้กับผู้บริโภคและหน่วยงานอื่น ๆ ส่งพลังงานไฟฟ้าให้ตลอดเวลาที่ใช้งานได้อย่างมั่นคงเพียงพอต่อความต้องการใช้งาน วิเคราะห์การศึกษาปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น การติดตั้งระบบการส่งจ่ายวิธีต่าง ๆ ตามลักษณะภูมิอากาศ หรือลักษณะภูมิประเทศ ความรู้ระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า สาระการเรียนรู้ดังนี้

1. ประวัติและกิจการไฟฟ้าในประเทศไทย
2. ระบบการส่งและจ่ายไฟฟ้า
3. วงจรระบบส่งและจ่ายพลังไฟฟ้า
4. แรงดันและความถี่มาตรฐานระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า
5. คุณลักษณะโหลดและประเภทของโหลด
6. ความเชื่อถือ ความมั่นคงและเสถียรภาพระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. จุดประสงค์ทั่วไป

1.1 เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการส่งและจ่ายไฟฟ้า

1.2 เพื่อให้มีเจตคติที่ดีและรับผิดชอบการเรียนรู้ระบบการส่งและจ่ายไฟฟ้า

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

2.1 อธิบายประวัติและกิจการไฟฟ้าในประเทศไทยได้

2.2 อธิบายระบบการส่งและจ่ายไฟฟ้าได้

2.3 อธิบายวงจรระบบส่งและจ่ายพลังไฟฟ้าได้

2.4 บอกแรงดันและความถี่มาตรฐานระบบส่งและจ่ายไฟฟ้าได้

2.5 อธิบายคุณลักษณะโหลดและประเภทของโหลดได้

2.6 อธิบายความเชื่อถือ ความมั่นคงและเสถียรภาพระบบส่งจ่ายไฟฟ้าได้

1.1 ประวัติและกิจการไฟฟ้าในประเทศไทย

ประวัติและความเป็นมาของกิจการไฟฟ้าของประเทศไทยมีความเป็นมานับ 100 ปี โดยมีเจ้าหมื่นไวยวรนารถ (เจิม แสง-ชูโต) นำเข้าใช้ภายในประเทศไทยและได้พัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบันตามลำดับดังนี้

1.1.1 ประวัติและความเป็นมากิจการไฟฟ้า

รูปที่ 1.1 เจ้าหมื่นไวยวรนารถ (เจิม แสง-ชูโต)
(ที่มา:การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ,2537)

พ.ศ. 2427 เจ้าหมื่นไวยวรนารถ (เจิม แสง-ชูโต) เป็นบุคคลแรกที่นำไฟฟ้าเข้ามาใช้งานในประเทศไทย โดยจ่ายไฟฟ้าให้กับพระบรมมหาราชวัง ณ ที่นั่งจักรีมหาปราสาทและในท้องพระโรง ซึ่งเดินเครื่องเป็นทางการตรงกับวันที่ 20 กันยายน พ.ศ. 2427 ตรงกับวันเฉลิมพระชนนพรรษาของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว (รัชกาลที่ 5)

พ.ศ. 2440 นายเลียวนาร์ด นาดี ชาวอเมริกันได้แนะนำ และชักชวนให้เจ้านายและข้าราชการจัดตั้งบริษัทบางกอกอิเล็กทรกไลต์ซินดิเคต (Bangkok Electric Light Syndicate) จ่ายไฟฟ้าตามท้องถนนและสถานที่ราชการซึ่งต่อมาได้โอนกิจการให้กับบริษัทไฟฟ้าสยาม (Siam Electricity Co.,Ltd.) ของนายเวสเตนโฮลซ์ (Aage westenholz) ชาวเดนมาร์ก ได้รับกิจการไฟฟ้าดำเนินการต่อโรงไฟฟ้านี้เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน และมีที่ตั้งโรงไฟฟ้าข้างวัดราชบูรณะ (วัดเลียบ)

พ.ศ. 2455 พระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว (รัชกาลที่ 6) ได้โปรดเกล้า ฯ ให้สร้างโรงไฟฟ้าขึ้นที่สามเสนเริ่มจำหน่ายไฟฟ้าตั้งแต่ปี พ.ศ.2457 โดยให้ใช้ชื่อว่าการไฟฟ้าหลวงสามเสน ดำเนินการในรูปรัฐพาณิชย์ อยู่ภายใต้การควบคุมของกระทรวงมหาดไทย และต่อมาได้เปลี่ยนชื่อเป็นกองไฟฟ้าหลวงสามเสน ซึ่งประชาชนในเขตพระนครและธนบุรีมีไฟฟ้าใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยมีหน่วยงานที่รับผิดชอบในการจ่ายไฟฟ้า คือ บริษัทไฟฟ้าสยาม (Siam Electricity Co.,Ltd.) จ่ายให้กับประชาชนบริเวณตอนใต้ของคลองบางลำภูและคลองบางกอกน้อย และส่วนกองไฟฟ้าหลวงสามเสน จ่ายให้กับประชาชนตอนเหนือของคลองบางลำภูและคลองบางกอกน้อย

พ.ศ. 2497 รัฐบาลออกพระราชกฤษฎีกาจัดตั้งองค์กรการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยให้เข้าในสังกัดกรมโยธาเทศบาล กระทรวงมหาดไทยและในปี พ.ศ. 2503 ได้ประกาศเป็นพระราชบัญญัติการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ขึ้นแทนองค์การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยมีขอบเขตความรับผิดชอบให้บริการกับประชาชนทุกจังหวัดทั่วประเทศยกเว้นที่อยู่ในความรับผิดชอบของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.)

พ.ศ. 2501 รัฐบาลประกาศพระราชบัญญัติ การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.)ซึ่งเป็นการรวบรวมเอากิจการไฟฟ้ากรุงเทพฯ กับกองไฟฟ้าหลวงสามเสนเข้าด้วยกันโดยมีขอบเขตในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้บริโภคในเขต กรุงเทพมหานคร ธนบุรี นนทบุรีและสมุทปราการ

พ.ศ. 2503 รัฐบาลประกาศพระราชบัญญัติ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟผ.) โดยรับผิดชอบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าทั่วประเทศ ยกเว้นเขตพื้นที่ในความรับผิดชอบของ การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ได้แก่ กรุงเทพมหานคร ธนบุรี นนทบุรี และสมุทรปราการ

พ.ศ. 2511 รัฐบาลประกาศพระราชบัญญัติการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) โดยรวมองค์การที่รับผิดชอบในการผลิตไฟฟ้าได้แก่ การไฟฟ้ายันฮี (กฟย.) การลิกไนต์ (กลน.) และการไฟฟ้าตะวันออกเฉียงเหนือ (กฟ.อน.)ให้รวมกันเป็นหน่วยงานเดียวกันในการดำเนินการผลิตพลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ ภายใต้ชื่อการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2512 ซึ่งการพัฒนากิจการไฟฟ้าของไทยแสดงดังรูปที่ 1.2

รูปที่ 1.2 แสดงพัฒนากิจการไฟฟ้าของไทย
(ที่มา:การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ,2537)

พ.ศ. 2512 เป็นต้นมา ประเทศไทยมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จึงมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสูงได้มีการพัฒนาแหล่งการผลิตและระบบส่งจ่ายไฟฟ้าให้มีความทันสมัย สอดคล้องกับความต้องการใช้พลังงานในส่วนของภาคอุตสาหกรรม การเกษตรกรรม การท่องเที่ยว เป็นต้น โดยมีโรงไฟฟ้าและระบบส่งจ่ายไฟฟ้าเชื่อมโยงกันที่ทันสมัย ประสิทธิภาพมั่นคง และเชื่อถือของระบบการส่งพลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.1.2 หน่วยงานที่รับผิดชอบการผลิตและส่งจ่ายไฟฟ้า

หน่วยงานที่ทำหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการผลิตและส่งจ่ายไฟฟ้าภายในประเทศไทยมีหน่วยงานที่รับผิดชอบ จำนวน 3 องค์กร แต่ละหน่วยงานก็จะมีหน้าที่รับผิดชอบแตกต่างกันออกไปตามบทบาทและภาระหน้าที่ดังนี้

รูปที่ 1.3 แสดงตราสัญลักษณ์การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)

(ที่มา:www.egat.co.th)

1) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ชื่อภาษาอังกฤษ Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT) สังกัดกระทรวงพลังงาน โดยจะมีหน้าที่จัดหาพลังงานไฟฟ้าให้กับประชาชนโดยการผลิต จัดหาและจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าแก่การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า ตราสัญลักษณ์การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) แสดงดังรูปที่ 1.3

สำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ริมฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยาเชิงสะพานพระราม 6 อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี แสดงดังรูปที่ 1.4

รูปที่ 1.4 แสดงที่ตั้งสำนักงานใหญ่การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.)

(ที่มา:www.egat.co.th)

รูปที่ 1.5 แสดงตราสัญลักษณ์การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)
(ที่มา:www.pea.co.th)

2) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ชื่อภาษาอังกฤษ Provincial Electricity Authority (PEA) สังกัดกระทรวงมหาดไทย เป็นรัฐวิสาหกิจด้านสาธารณูปโภค ซึ่งตราสัญลักษณ์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) แสดงดังรูปที่ 1.5 จะมีภาระหน้าที่ในการผลิต จัดให้ได้มาจัดส่งและจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ประชาชน ธุรกิจและอุสาหกรรมในเขตพื้นที่จังหวัดรวม 74 จังหวัด (รวมจังหวัดบึงกาฬ) ทั่วประเทศ (ยกเว้น กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ) มีระบบจำหน่ายแรงสูงที่ 11 kV 22 kV หรือ 33 kV การส่งและจ่ายไฟฟ้าระบบจำหน่ายแสดงดังรูปที่ 1.6 ปัจจุบันการดำเนินงานที่ผ่านมาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีวิวัฒนาการ แบ่งเป็น 5 ทศวรรษ ได้แก่

ทศวรรษที่ 1 พ.ศ. 2503-2513 การบุกเบิกไฟฟ้าสู่ชุมชนใหญ่

ทศวรรษที่ 2 พ.ศ. 2514-2523 เร่งรัดขยายไฟฟ้าสู่ชนบท

ทศวรรษที่ 3 พ.ศ. 2524-2533 ส่งเสริมความเจริญด้านธุรกิจและอุตสาหกรรม

ทศวรรษที่ 4 พ.ศ. 2534-2543 นำเทคโนโลยีชั้นสูงมาพัฒนามาตรฐานการบริการ

ทศวรรษที่ 5 พ.ศ. 2544-2553 พัฒนาองค์กรเพื่อก้าวสู่ระดับสากลในธุรกิจพลังงาน

สำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ที่ ถนนงามวงศ์วาน เขตจตุจักร จังหวัดกรุงเทพมหานคร

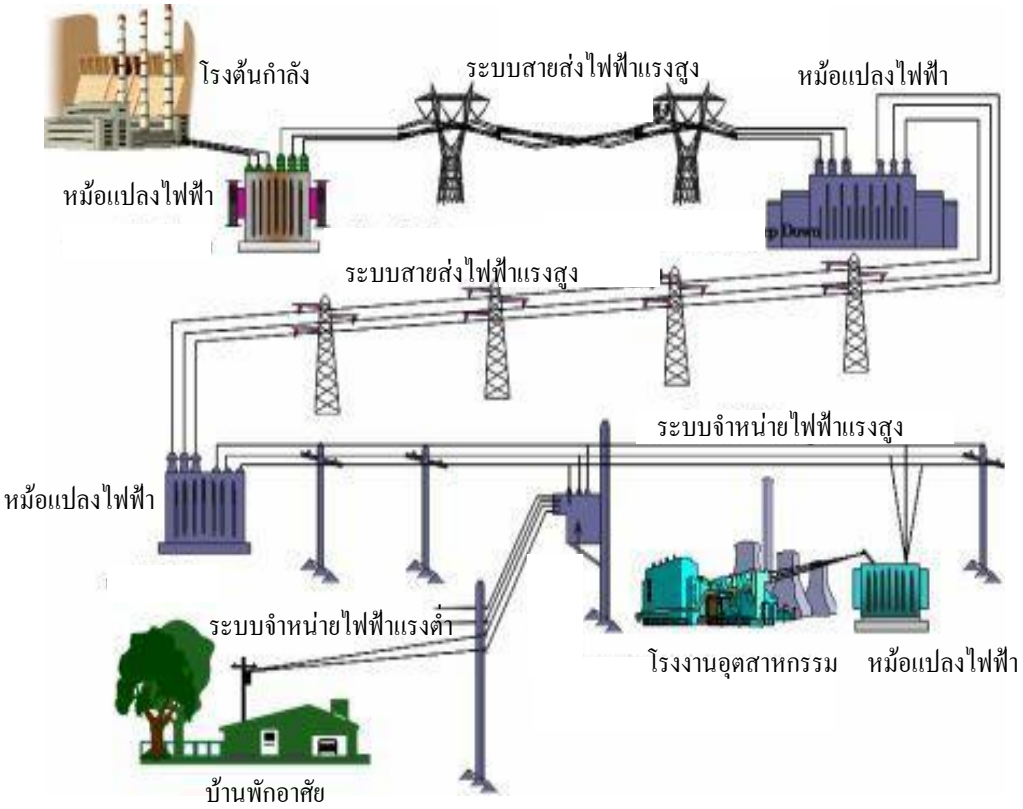
รูปที่ 1.6 แสดงการส่งและจ่ายไฟฟ้าระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า จ.นครราชสีมา
(ที่มา:ทวี ไชยโคตร,2553)

รูปที่ 1.7 แสดงตราสัญลักษณ์การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.)
(ที่มา:www.mea.co.th)

3) การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ชื่อภาษาอังกฤษ Metropolitan Electricity Authority (MEA) สังกัดกระทรวงมหาดไทย เป็นรัฐวิสาหกิจด้านสาธารณูปโภค ซึ่งตราสัญลักษณ์การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) แสดงดังรูปที่ 1.7 จะมีภาระหน้าที่จัดให้ได้มา จัดส่งและจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าแก่ประชาชน ธุรกิจและอุสาหกรรมเขตพื้น 3 จังหวัดได้แก่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรีและสมุทรปราการ นอกจากนี้แล้วยังมีภาระหน้าที่การดูแลรักษาสายส่งไฟฟ้าแรงสูง สถานีเปลี่ยนแรงดันสายจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูง เป็นต้นโดยจะรับซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ระดับแรงดันขนาด 69 kV 115 kV 230 kV และ500 kV ระบบส่งและจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) จังหวัดนนทบุรี สำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ที่ ถนนเพลินจิต แขวงลุมพีนี เขตปทุมวัน จังหวัดกรุงเทพมหานคร

รูปที่ 1.8 แสดงการส่งและจ่ายไฟฟ้าระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า จังหวัดนนทบุรี
(ที่มา:ทวี ไชยโคตร,2553)

1.2 ระบบการส่งและจ่ายไฟฟ้า



รูปที่ 1.9 แสดงลำดับขั้นตอนการส่งและจ่ายไฟฟ้าพลังงานไฟฟ้า

จากรูปที่ 1.9 แสดงภาพรวมลำดับขั้นตอนการส่งและจ่ายไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้ากำลัง ระบบไฟฟ้าในประเทศไทย เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ความถี่ 50 Hz ที่มีใช้ทั้งระบบ 1 เฟสแรงดันไฟฟ้า 220 Vตามอาคารบ้านพักอาศัยทั่วไปและระบบ 3 เฟส แรงดันไฟฟ้า 380V ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และการส่งและจ่ายไฟฟ้าที่ระดับแรงดันไฟฟ้าขนาด 11 kV 22 kV 33 kV 69 kV 115 kV 230 kV และ 500 kV ตามลำดับ โดยแบ่งตามภาระหน้าที่ของส่วนประกอบต่าง ๆ ได้ดังนี้

โรงต้นกำลัง คือส่วนของระบบการผลิตจะมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะทำหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบแรงดันระดับหนึ่ง แล้วส่งผ่านไปหม้อแปลงกำลังเพื่อเพิ่มแรงดันให้สูงขึ้นแล้วส่งไปลานไกไฟฟ้า (switchyard) และจึงส่งเข้าระบบส่งจ่ายไฟฟ้าต่อไป

สายส่ง (transmission lines) หน้าที่จะส่งพลังงานไฟฟ้าจากโรงจักรไฟฟ้าไปยังสู่สถานีไฟฟ้าต้นทางแรงดันที่ใช้ปัจจุบัน 69 kV 115 kV 230 kV และ 500 kV

สถานีไฟฟ้าต้นทาง (terminal station) รับพลังงานไฟฟ้าจากระบบส่งเข้าหม้อแปลงกำลังเพื่อลดระดับแรงดันให้อยู่ในระดับระบบส่งย่อย

สายส่งย่อย (subtransmission lines) สายส่งพลังงานไฟฟ้าจากสถานีไฟฟ้าต้นทางเข้าสู่สถานีไฟฟ้าย่อยแรงดันที่ใช้ 69 kV และ 115 kV

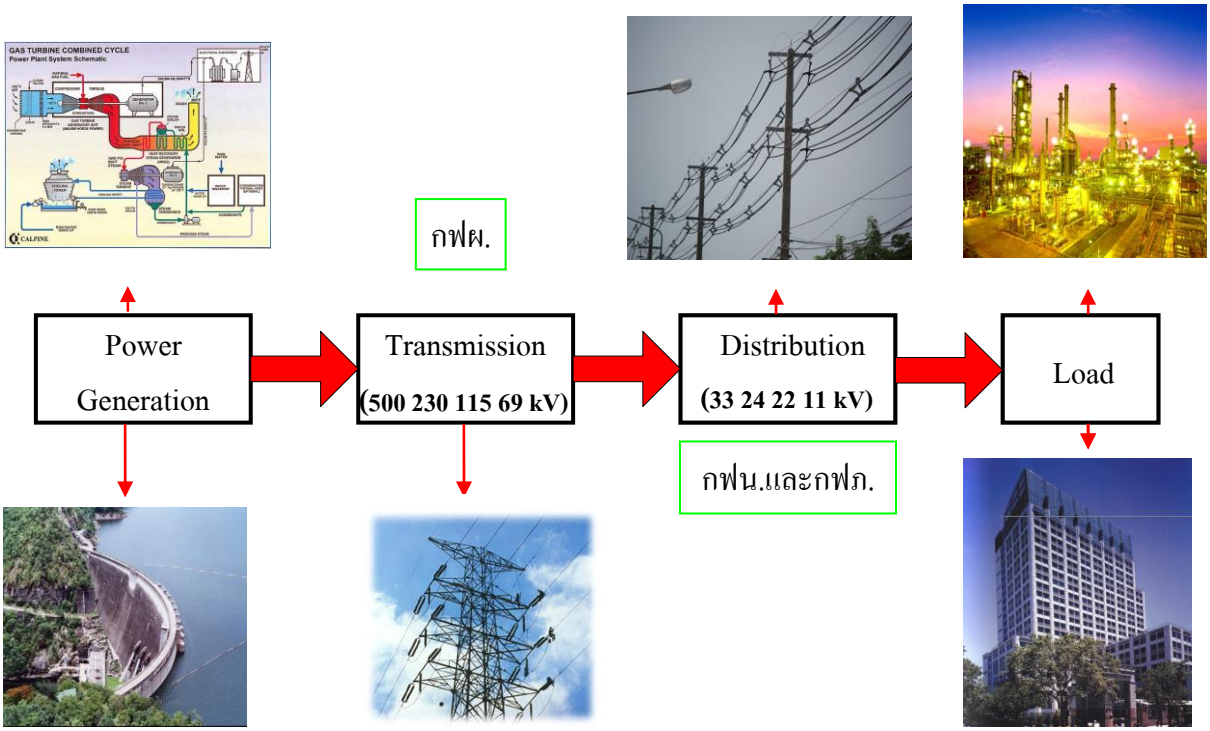
สถานีไฟฟ้าย่อย (distribution subtrasmission) พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งย่อยจะป้อนเข้าหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อลดแรงดันให้เหมาะสมกับแรงดันในระดับจำหน่าย

สายป้อนหลัก (primary feeder) สายป้อนจะออกจากสถานีไฟฟ้าย่อยและนำพลังงานไฟฟ้าจ่ายให้กับหม้อแปลงจำหน่าย ซึ่งสายป้อนปัจจุบันมี 4 ระดับได้แก่ 11 kV 22 kV 24 kV และ33 kV

สายป้อนย่อย (laterals) วงจรสายป้อนที่แยกจากสายป้อนหลักนำพลังงานไฟฟ้าจ่ายให้กับหม้อแปลงจำหน่ายตามซอยหรือซอกตึกอาคาร

หม้อแปลงจำหน่าย (distribution transformers) หน้าลดระดับแรงดันของสายป้อนให้เท่ากับระดับแรงดันใช้งานโหลด

สายจำหน่ายแรงดันต่ำ (low voltage circuits) คือวงจรแรงดันต่ำของหม้อแปลงจำหน่ายที่จ่ายให้กับผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าทั่วไป มีระบบ 3 เฟส 4 สาย และระดับแรงดัน 220/230 V ภาพรวมกระบวนการผลิตการส่งและจ่ายไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 1.10



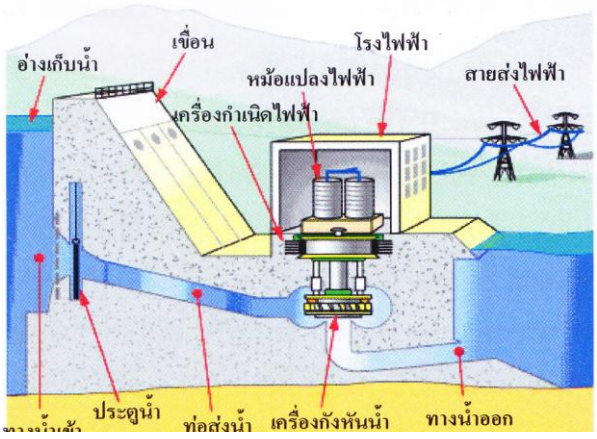
รูปที่ 1.10 แสดงภาพกระบวนการผลิต การส่งและจ่ายไฟฟ้า

(ที่มา:ทวี ไชยโคตร,2553)

1.2.1 ระบบการผลิตไฟฟ้า (generating system)

กระบวนการผลิตไฟฟ้าเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งานต้องอาศัยโรงไฟฟ้า ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในระบบไฟฟ้ากำลัง และระบบส่งไฟฟ้ามีส่วนประกอบอื่นๆ เช่นหม้อแปลงไฟฟ้า ลานไกไฟฟ้า สถานีไฟฟ้าแรงสูง สายส่งไฟฟ้าแรงสูง เป็นต้น โรงไฟฟ้าจะทำหน้าที่ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าให้มีความเพียงพอกับความต้องการใช้งานไฟฟ้าตลอดเวลา โดยการทำงานจะอาศัยเครื่องต้นกำลังซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานต่าง ๆ ให้เป็นพลังงานกลเพื่อขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งพลังงานที่นำมาใช้ผลิตไฟฟ้าได้แก่ พลังงานน้ำ พลังงานความร้อน พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น จากลานไกไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าจะไหลตามสายส่งเพื่อเข้าสู่สถานีไฟฟ้าแรงสูง และจะทำการลดแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมก่อนจะส่งไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และที่การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ที่รับผิดชอบในการส่งจ่ายไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้า บ้านเรือนประชาชนทั่วไป และตามโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งโรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าสามารถแยกตามประเภท ลักษณะและวิธีการในการผลิตได้ดังนี้

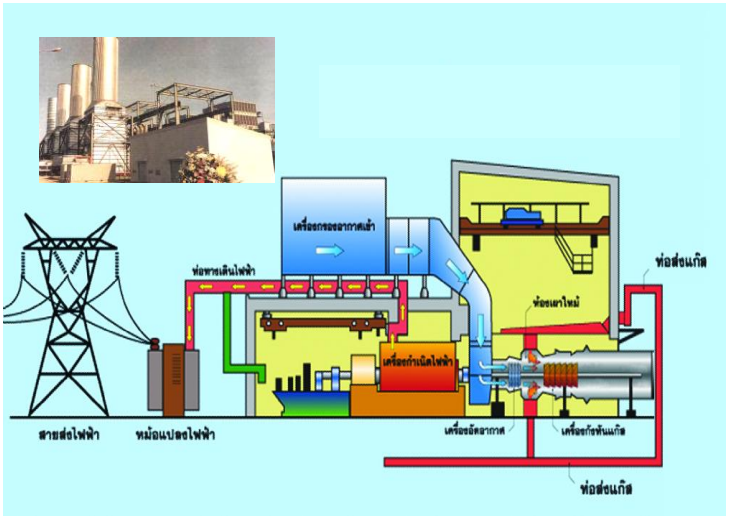
1) โรงไฟฟ้าพลังน้ำ คือ โรงไฟฟ้าที่อาศัยหลักการของการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำการเปลี่ยนแปลงสภาพของน้ำจากสถานะพลังงานศักย์เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยความแตกต่างของระดับน้ำเหนือเขื่อนและท้ายเขื่อนมาใช้หมุนกังหันน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า องค์ประกอบหลักของโรงไฟฟ้าประกอบด้วย เขื่อนกักเก็บน้ำ ท่อส่งน้ำ กังหันน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและหม้อแปลงไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังน้ำมีค่าบำรุงรักษาน้อย สามารถเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้รวดเร็ว อายุการใช้งานนาน ผลพลอยได้จากอ่างเก็บน้ำในการชลประทาน การเกษตรกรรม เป็นต้น เหมาะกับการใช้ผลิตไฟฟ้าเสริมช่วงที่ต้องการไฟฟ้าสูงสุด หลักการทำงานโรงไฟฟ้าพลังน้ำแสดงดังรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.11 แสดงหลักการทำงานและโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

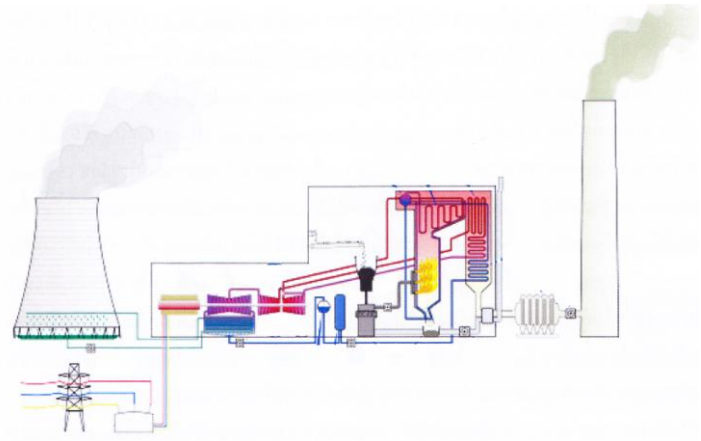
(ที่มา:เฉลิมชัย เกยพุดซา,2552:85)

2) โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ คือโรงไฟฟ้าที่ใช้กังหันก๊าซเป็นเครื่องต้นกำลัง ซึ่งจะได้พลังงานจากการเผาไหม้ของส่วนผสมระหว่างก๊าซธรรมชาติหรือน้ำมันดีเซล กับอากาศความดันสูงจากเครื่องอัดอากาศในห้องเผาไหม้ เกิดเป็นไอร้อนที่มีความดันและอุณหภูมิสูงไปขับดันใบกังหัน เพลากังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซมีประสิทธิภาพประมาณ 25 % สามารถเดินเครื่องได้อย่างรวดเร็ว เหมาะที่จะใช้เป็นโรงไฟฟ้าสำรองผลิตพลังงานไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงสุดและกรณีฉุกเฉินหลักการทำงานโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ แสดงดังรูปที่ 1.12



รูปที่ 1.12 แสดงหลักการทำงานโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ

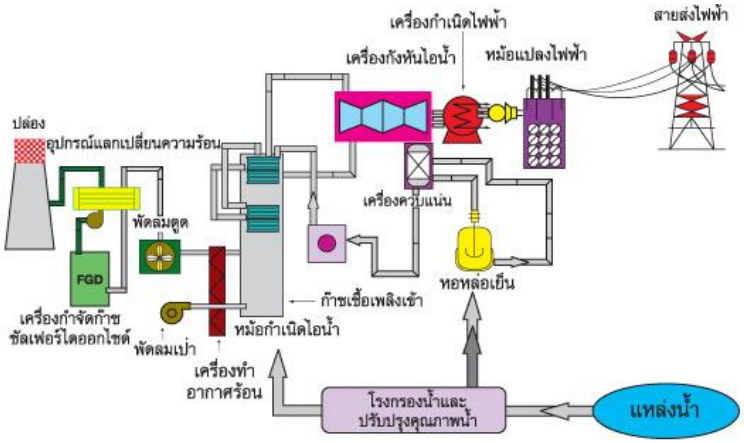
3) โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนกังหันไอน้ำ คือ โรงไฟฟ้าที่ใช้เครื่องกังหันไอน้ำเป็นเครื่องต้นกำลัง โดยอาศัยเชื้อเพลิงหลายอย่าง เช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น หลักการทำงานเบื้องต้นโรงไฟฟ้า พลังงานความร้อนกังหันไอน้ำ แสดงดังรูปที่ 1.13



รูปที่ 1.13 แสดงหลักการทำงานโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนกังหันไอน้ำ

เครื่องกังหันไอน้ำเป็นเครื่องจักรกลความร้อนที่อาศัยหลักการเทอร์โมไดนามิกส์ (thermodynamics) อาศัยหลักการวัฏจักรแรนคิน (rankine cycle) โดยใช้น้ำเป็นตัวกลาง ซึ่งน้ำจะอยู่ในหม้อน้ำ (steam boiler)ได้รับความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง จนทำให้กลายเป็นไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ไอน้ำที่มีอุณหภูมิ และความดันสูงจะเข้าเครื่องกังหันไอน้ำใช้ในการผลักใบกังหันให้หมุนขับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าออกมาได้

4) โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม ประกอบด้วยโรงไฟฟ้า 2 ระบบร่วมกัน คือ โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ และโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ นำความร้อนจากไอเสียที่ออกจากเครื่องกังหันก๊าซซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 550 องศาเซลเซียส มาต้มน้ำให้เป็นไอน้ำไปดันกังหันไอน้ำให้หมุนและจะต่ออยู่กับแกนเดียวกันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และเครื่องกังหันไอน้ำจะขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้าอีกเครื่องหนึ่งทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น หลักการทำงานโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม แสดงดังรูปที่ 1.14



รูปที่ 1.14 แสดงหลักการทำงานโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม

5) โรงไฟฟ้านิวเคลียร์คือโรงไฟฟ้าความร้อนชนิดหนึ่งซึ่งมีชื่อตามประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าทั้งนี้ ต้นกำเนิดของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ จะอาศัยพลังความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาฟิชชันของเชื้อเพลิงยูเรเนียม (uranium) จะใช้ในกระบวนการผลิตไอน้ำที่ใช้ในการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (nuclear reactor) เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์จะแบ่งออกตามชนิดของสารระบายความร้อน และสารหน่วงปฏิกิริยานิวตรอน แต่ที่นิยมใช้โดยทั่ว ๆ 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) โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ แสดงดังรูปที่ 1.15

รูปที่ 1.15 แสดงโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

6) โรงไฟฟ้าดีเซล คือโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเหลวคือน้ำมันโดยการเปลี่ยนพลังงานความร้อนที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงสันดาปภายในร่วมกับการอัดอากาศจะเกิดความร้อนให้เป็นพลังงานกล และนำไปขับหรือหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกทีหนึ่งโรงไฟฟ้าดีเซล แสดงดังรูปที่ 1.16

รูปที่ 1.16 แสดงโรงไฟฟ้าดีเซลบ้านผาบ่องเหนือ จังหวัดแม่ฮ่องสอน

เครื่องดีเซลส่วนมากมักใช้กับเครื่องกำเนิดขนาดเล็กเหมาะสำหรับผู้ใช้ไฟที่ต้องมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับใช้ในกรณีฉุกเฉินหรือใช้จ่ายโหลดในช่วงระยะเวลาอันสั้น ๆ โรงไฟฟ้าดีเซลสามารถติดตั้งได้อย่างรวดเร็วและเคลื่อนย้ายสะดวก

7) โรงไฟฟ้าพลังงานลม จะใช้หลักการเหมือนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั่วไปแต่ตัวต้นกำลังขับคือแรงลมเมื่อลมพัดผ่านใบกังหัน (คล้ายใบพัดลมขนาดใหญ่) กังหันลมจะหมุน ซึ่งการหมุนนี้จะไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่กับเพลาความเร็วสูงหมุนไปตามความเร็วลมผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาได้ กังหันลมที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ใบกังหัน ระบบควบคุม ระบบส่งกำลังและหอคอย การนำพลังงานลมมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยมี 2 ลักษณะคือ แบบตั้งอิสระ (stand alone) และแบบต่อเข้ากับระบบสายส่ง การใช้พลังงานลมในการผลิตไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 1.17

รูปที่ 1.17 แสดงโรงไฟฟ้าพลังงานลมลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา
(ที่มา:ทวี ไชยโคตร,2553)

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

8) โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานแสงอาทิตย์เกิดจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ที่เกิดขึ้นบนดวงอาทิตย์ ซึ่งพลังงานที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์จะอยู่ในรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์ที่โลกได้รับมีค่าประมาณ 1.7×10^{5} เทอราวัตต์ การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้ามี 2วิธี คือกระบวนการโฟโตวอลเทอิก (photovoltaic conversion) การเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าโดยตรงแสงที่ตกกระทบผ่านเซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell) และกระบวนการความร้อน (solar thermodynamics conversion) จะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นความร้อนแล้วเปลี่ยนต่อเป็นไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย 2 องค์ประกอบคือชุดเก็บสะสมความร้อนและอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 1.18 บริษัทโซลาร์ฟาร์มโคราช 1 อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา

รูปที่ 1.18 แสดงการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์บริษัทโซลาร์ฟาร์มโคราช 1
(ที่มา:ทวี ไชยโคตร,2553)

เซลล์แสงอาทิตย์จะทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (silicon) แกลเลียม อาร์เซไนด์ (gallium arsenide)และอินเดียม ฟอสไฟด์ (indium phosphide) เป็นต้น เมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงจะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงกระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้นทำให้สามารถทำงานได้ แสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์แล้วจะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้นซึ่งได้แก่ อิเล็กตรอนและโฮส โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบและพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮสไปที่ขั้วบวกทำให้เกิดแรงดัน ไฟฟ้าแบบกระแสตรง ขั้วไฟฟ้าทั้งสองเมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าแบบกระแสตรง ที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไหลเข้าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว กระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 2-3 A และจะให้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดประมาณ 0.6 V กระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่มากนักดังนั้นเพื่อให้กำลังไฟฟ้ามากเพียงพอสำหรับใช้งาน จึงได้มีการนำเซลล์แสงอาทิตย์หลาย ๆ เซลล์มาต่อกันเรียกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (solar modules) แสดงดังรูปที่ 1.19

(ก) พลังงานลม (ข) พลังงานแสงอาทิตย์

รูปที่ 1.19 แสดงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ จังหวัดภูเก็ต

ภาพรวมการกำลังการผลิตไฟฟ้าภายในประเทศไทยของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แยกตามประเภทประเภทโรงไฟฟ้า ได้แก่ โรงไฟฟ้าพลังน้ำ โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ โรงไฟฟ้าดีเซล และโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนแสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงกำลังผลิตติดตั้งแยกตามประเภทโรงไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศไทย ปี 2553

ที่	ประเภทโรงไฟฟ้า	กำลังผลิตติดตั้ง (เมกะวัตต์)	ร้อยละ
1	โรงไฟฟ้าพลังน้ำ (57 เครื่อง)	3,424.18	11.72
2	โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน (15 เครื่อง)	4,699.00	16.09
3	โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (36 เครื่อง)	6,196.00	21.21
4	โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ (13 เครื่อง)	-	-
5	โรงไฟฟ้าดีเซล (5 เครื่อง)	4.40	0.01
6	โรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน (15 เครื่อง)	4.54	0.02
	รวมกำลังผลิตติดตั้งของ กฟผ. (128 เครื่อง)	**14,328.12**	**49.05**
1	จากต่างประเทศ	640	2.19
2	จากในประเทศ (บริษัทเอกชน)	14,243.89	48.76
	รวมกำลังผลิตติดตั้งต่างประเทศและเอกชน	14,883.89	50.95
	รวมกำลังผลิตติดตั้งทั้งสิ้น	29,212.01	100

ที่มา:การไฟฟ้าฝ่ายผลิต,2553

จากตารางที่ 1.1 พบว่ากำลังการผลิตไฟฟ้าปี 2553 ภาพรวมแบ่งตามประเภทโรงไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศไทยของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) จำนวนโรงไฟฟ้าทั้งสิ้น 128 เครื่อง กำลังการผลิตไฟฟ้ารวม 14,883.89 MW คิดเป็นร้อยละ 49.05 และของภาคเอกชนและต่างประเทศมีกำลังการผลิตไฟฟ้ารวม 29,212.01 MW คิดเป็นร้อยละ 50.95 ตามลำดับ

1.2.2 ระบบส่งกำลังไฟฟ้า (transmission system)

ระบบการส่งกำลังไฟฟ้าจะมีสายส่งทำหน้าที่ส่งพลังงานไฟฟ้าจากโรงจักรไฟฟ้าไปยังสถานีไฟฟ้าต่าง ๆ ซึ่งแบ่งการระบบส่งกำลังไฟฟ้าได้ดังนี้

1) สายส่งระบบเหนือศีรษะ (overhead line system) สายตัวนำจะอยู่บนเสาส่งไฟฟ้าผ่านที่โล่งแจ้งจากสถานีหนึ่งไปยังสถานีหนึ่ง ซึ่งจะง่ายต่อการบำรุงรักษา การตรวจสอบข้อขัดข้องของระบบส่งกำลังไฟฟ้าใช้ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างน้อยการลงทุนในการก่อสร้างสายส่งไฟฟ้าเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับแรงดันไฟฟ้าเท่ากัน จะมีมูลค่าการลงทุนที่ต่ำกว่ากับการสายส่งระบบฝังใต้ดิน สายส่งระบบเหนือศีรษะ แสดงดังรูปที่ 1.20

รูปที่ 1.20 แสดงสายส่งระบบเหนือศีรษะ จังหวัดนครราชสีมา
(ที่มา:ทวี ไชยโคตร,2553)

การสายส่งระบบเหนือศีรษะในการก่อสร้างสายส่งแบบนี้ จำเป็นต้องมีข้อพิจารณาในการออกแบบคุณลักษณะทั้งทางกลและทางไฟฟ้า (electrical and mechanical characteristics) ดังนี้

1. สายตัวนำต้องออกแบบทางไฟฟ้าให้มีความสามารถในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอต่อการใช้งาน และความต้องการของผู้บริโภคโดยที่มีแรงดันตก (voltage drop) และพลังงานสูญเสีย (energy loses) ไม่เกินข้อจำกัดและต้องมีฉนวนเพียงพอกับระดับที่ใช้ในระบบจำหน่าย

2. สายตัวนำต้องออกแบบทางกลนั้นมีข้อที่ต้องพิจารณาคือ การยึดโครงสร้างของเสาไฟฟ้าและสายตัวนำต้องมีความแข็งแรงเพียงพอและทนทานต่อโหลดที่คาดว่าจะเกิดอุบัติเหตุทุกชนิด เช่น โหลดเนื่องจากน้ำหนักของสายตัวนำโหลดจากแรงลมพัดมากระทำต่อสายตัวนำ เป็นต้น

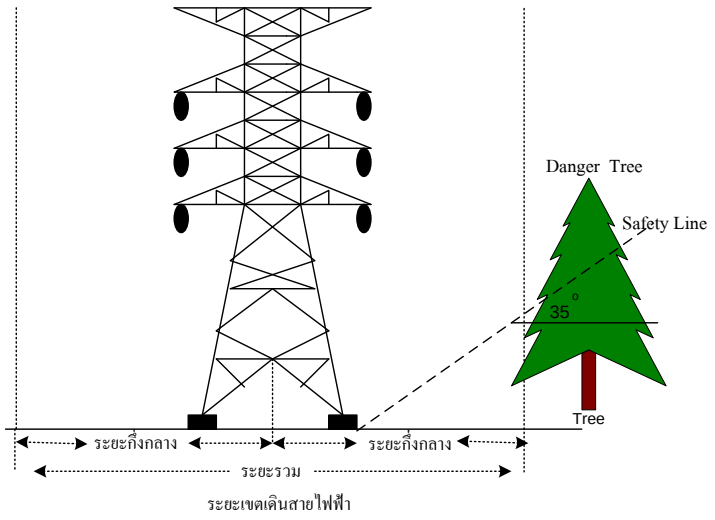
และการสายส่งระบบเหนือศีรษะนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยต่อชีวิตทรัพย์สินและความปลอดภัยของระบบจึงต้องมีการกำหนดแนวเขตเดินสายไฟฟ้า แสดงดังตารางที่ 1.2 ดังนี้

ตารางที่ 1.2 แสดงข้อกำหนดความกว้างเขตเดินสายไฟฟ้า

ขนาดสายส่งไฟฟ้า	ระยะจากจุดกึ่งกลางด้านล่ะ	รวมเขตเดินสายไฟฟ้า
69 kV	9 m	18 m
115 kV	12 m	24 m
230 kV	20 m	40 m
500 kV	40 m	80 m

ที่มา:การไฟฟ้าฝ่ายผลิต,2549:10

หมายเหตุ : ความกว้างของเขตเดินสายไฟฟ้าบางสาย อาจแตกต่างจากระยะที่แสดงในตารางทั้งนี้ ต้องดูระยะที่แน่นอนจากประกาศกำหนดเขตเดินสายไฟฟ้าเฉพาะสายควบคู่กันไปด้วย ข้อกำหนดความกว้างเขตเดินสายไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 1.21



รูปที่ 1.21 แสดงผังข้อกำหนดความกว้างเขตเดินสายไฟฟ้า
(ที่มา:ทวี ไชยโคตร,2553)

2) สายส่งระบบฝังใต้ดิน (underground cable system) ระบบการส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ส่วนใหญ่เป็นระบบการส่งระบบเหนือศีรษะมีเพียงแห่งเดียวที่เป็นการส่งระบบฝังใต้ดินคือการส่งระบบแรงดันไฟฟ้า 230 kV เริ่มจากสถานีไฟฟ้าย่อยบางกะปิไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยของการไฟฟ้านครหลวงที่ชิดลม การเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดดังนี้

ข้อดีการสายส่งระบบฝังใต้ดินดังนี้

1. มีความปลอดภัยเนื่องจากสายไฟฟ้าแรงสูงอยู่ใต้ดิน จึงมีปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน โอกาสที่จะถูกฟ้าผ่าลงบนสายจึงน้อย

2. มีความน่าเชื่อถือสูงกว่า หลีกเลี่ยงอุบัติเหตุจากพายุ ลมที่จะพัดต้นไม้ลมสายไฟฟ้าแรงสูง

3. สามารถพัฒนาที่ดินหรือใช้ประโยชน์จากที่ดินได้เต็มศักยภาพไม่เกะกะอันเนื่องจากเสาส่งและสายไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 1.22 ระบบจำหน่ายใต้ดิน จังหวัดกรุงเทพมหานคร

4. ลดค่าใช้จ่ายจากการดูแลรักษาเนื่องจากการเดินสายฝังใต้ดินได้ถูกวางระบบป้องกันเป็นอย่างดี

และข้อจำกัดการสายส่งระบบฝังใต้ดินดังนี้

1. มีพื้นที่จำกัดและราคาแพง จนไม่สามารถจัดหาแนวเขตเดินสายที่ปลอดภัยได้เพียงพอ

2. บริเวณนั้นถูกฟ้าฝ่าบ่อย ๆ ทำให้เกิดไฟฟ้าขัดข้อง และมีผลเสียต่องานธุรกิจ

3. ต้องการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมให้ดูสวยงามเป็นพิเศษ

4. เมื่อวิเคราะห์แล้วพบว่าการปักเสาพาดสาย บางกรณีทำไม่ได้หรือมีราคาสูงกว่าปกติมาก ไม่ปลอดภัย เช่น การเดินสายข้ามแม่น้ำ หรือเดินเลียบลำคลอง เป็นต้น

รูปที่ 1.22 แสดงการส่งระบบจำหน่ายใต้ดิน จังหวัดกรุงเทพมหานคร

(ที่มา:www.learners.in.th)

2.1) ประเภทการเดินสายส่งระบบฝังใต้ดิน การส่งพลังงานไฟฟ้าโดยการเดินสายระบบฝังใต้ดิน แบ่งออกได้ 3 แบบ ดังนี้

1. แบบเดินสายในท่อร้อยสายหุ้มด้วยคอนกรีต(duck bank) การเดินสายส่งระบบนี้นั้นจะต้องขุดดินตามแนวของสายเคเบิล จากนั้นจำใช้คอนกรีตเสริมเหล็กห่อหุ้มไว้อีกชั้นหนึ่ง ท่อร้อยสายเคเบิลที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 115 mm 140 mmและ 200 mm เช่นท่อใยหิน(asbestos cement duct) ท่อโลหะหนา (rigid steel conduit) เป็นต้น

2. แบบเดินสายฝังดินโดยตรง (direct bank) การเดินสายส่งระบบนี้นั้นจะมีการลงทุนต่ำและสามารถจ่ายกระแสได้มากกว่าการเดินสายในท่อร้อยสายเพราะสายส่งสามารถสัมผัสกับดินโดยตรง สามารถระบายความร้อยได้ดี ซึ่งมีวิธีการเดินสายฝังดิน ได้แก่ การฝังไว้ใต้ดินโดยตรง การเดินสายวางในร่องคอนกรีต แสดงดังรูปที่ 1.23 ซึ่งใช้กับสายส่งแรงต่ำ และการเดินสายในรางรับสาย ใช้กับสายส่งไฟฟ้าแรงสูง ข้อกำหนดของการเดินสายใต้ดินแสดงดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 แสดงความลึกการเดินสายฝังดินสำหรับระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูง

วิธี	วิธีการติดตั้ง	ความลึกน้อยที่สุด (m)	
		ระบบแรงดัน 601-22,000 (V)	ระบบแรงดัน 22,000-40,000 (V)
1	สายเคเบิลฝังดินโดยตรง	0.80 m	0.90 m
2	สายเคเบิลร้อยท่อโลหะหนา	0.15 m	0.15 m
3	สายเคเบิลในท่อ เอชดีพีอี ท่อพีวีซีโดยตรง	0.45 m	0.60 m
4	สายเคเบิลในท่อใยหินที่มีคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 50 mm	0.45 m	0.60 m

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

รูปที่ 1.23 แสดงสายส่งระบบฝังใต้ดิน

3. แบบเดินสายฝังใต้ดินแบบลูกฟูก (EFLEX) การเดินสายส่งแบบนี้นั้นทำด้วย high density polyethylene (HDPE) เป็นท่อร้อยสายแรงสูงและแรงต่ำซึ่งจะประหยัดค่าแรงและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ มากกว่าท่อร้อยสายใต้ดินทั่วไป ป้องกันการเป็นสนิม แตก หัก แข็งและติดตั้งได้ยากโดยเฉพาะการโค้งงอและมีน้ำหนักมาก ค่าบำรุงรักษาซ่อมแซมสูงจึงออกแบบการเดินสายฝังใต้ดินแบบลูกฟูก (EFLEX)

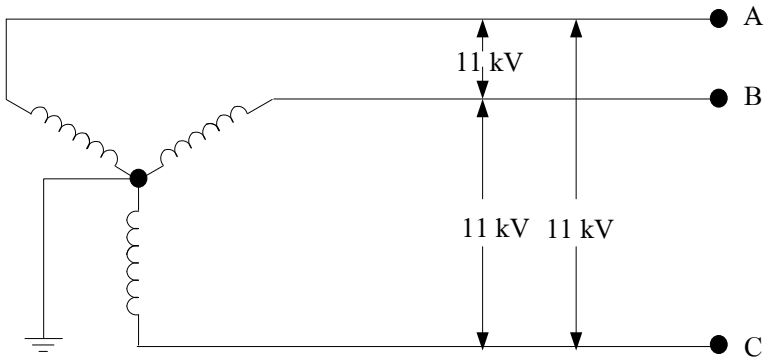
1.2.3 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า (distribution system)

ระบบจำหน่ายไฟฟ้า คือระบบที่ถูกลดแรงดันให้ต่ำลงจนมีค่าเหมาะสมที่จะให้บริการกับผู้ใช้ไฟฟ้า แรงดันที่ใช้ในระบบจำหน่ายมีหลายระดับ ได้แก่

1) สายจำหน่ายแรงสูงหรือสายป้อน (primary feeder) แรงดันที่ใช้ในระบบจำหน่ายแรงสูง คือ 11 kV 22 kVและ 33 kV หน่วยงานที่รับผิดชอบคือ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) รายละเอียดดังนี้

1.1 ระบบจำหน่ายแรงสูงการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

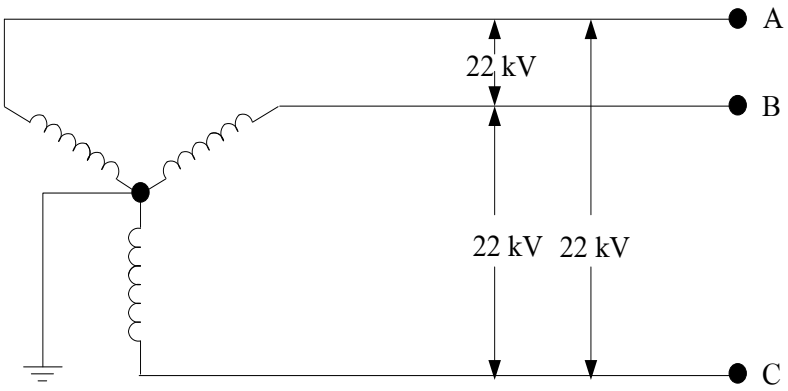
ระบบสายจำหน่ายแรงสูง 11 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ซึ่งจะมีทั้งระบบจำหน่ายแรงสูง 3 เฟส 3 สาย และ 1 เฟส 2 สาย แสดงดังรูปที่ 1.24 ระบบสายจำหน่ายแบบนี้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ที่ใช้ก่อสร้างตามโครงการยันฮี ระยะแรกในเขตพื้นที่ จังหวัดอยุธยา ลพบุรี สิงห์บุรี อ่างทอง สระบุรี เชียงใหม่ ลำพูน และลำปาง แต่เนื่องจากเหตุผลในระยะหลังโหลดได้เพิ่มสูงมากยิ่งขึ้นมากและระยะทางที่ต้องจ่ายไฟฟ้าไกลมากขึ้นทำให้ระบบจำหน่ายแบบนี้จึงไม่เหมาะสม



รูปที่ 1.24 แสดงสายจำหน่ายแรงสูง 11 kV 3 เฟส 3 สาย

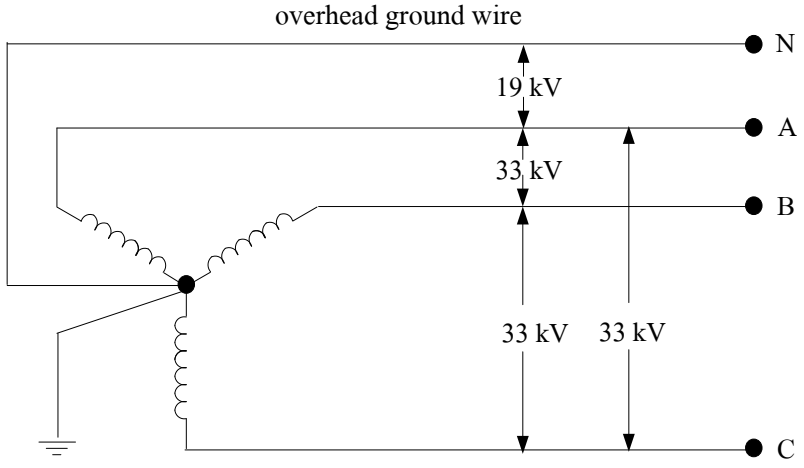
ดังนั้นการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) จึงได้ดำเนินการปรับปรุงระบบจำหน่ายจากเดิมที่จ่ายระบบ 11 kV ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เป็น 22 kV ให้คงเหลือไว้เพียง 3 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ ลำพูน และลำปาง ตามลำดับ

ระบบสายจำหน่ายแรงสูง 22 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ทั่วประเทศที่ยกเว้นจะมีภาคใต้ และบางจังหวัดทางภาคเหนือ ระบบนี้ก็เช่นเดียวกับระบบจำหน่ายแรงสูง 11 kV คือมีทั้งแบบ 3 เฟส 3 สาย และ 1 เฟส 2 สาย พร้อมกับมีการต่อลงดินโดยตรงตำแหน่งจุดร่วมสตาร์ (solidly ground system) แสดงดังรูปที่ 1.25



รูปที่ 1.25 แสดงสายจำหน่ายแรงสูง 22 kV 3 เฟส 3 สาย

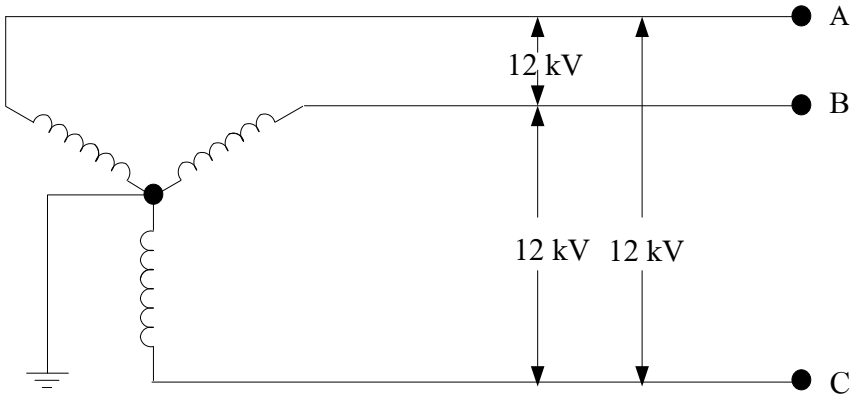
ระบบสายจำหน่ายแรงสูง 33 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) จะใช้ในภาคใต้ตั้งแต่จังหวัดระนองลงมาและในภาคเหนือบางส่วนได้แก่ จังหวัดเชียงราย และพะเยาระบบนี้นอกจากจะมีจุดต่อลงดินที่ star point ด้าน 22 kV ของหม้อแหลงไฟฟ้าย่อยของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) แล้วในระบบนี้ยังมีสาย overhead ground wire ต่อจากจุดต่อดินของหม้อแปลงที่สถานีไฟฟ้าย่อยพาดไว้เหนือสายทั้ง 3 เส้นอีก 1 เส้นด้วยสายดังกล่าวจะต่อลงดินไว้กับเสาทุกต้นของระบบจำหน่ายแรงสูงและยังสามารถจะเป็นเกราะป้องกัน (lightning surge) หรือป้องกันฟ้าผ่าลงเฟสอีกด้วย ซึ่งระบบสายจำหน่ายแรงสูง 33 kV แสดงดังรูปที่ 1.26



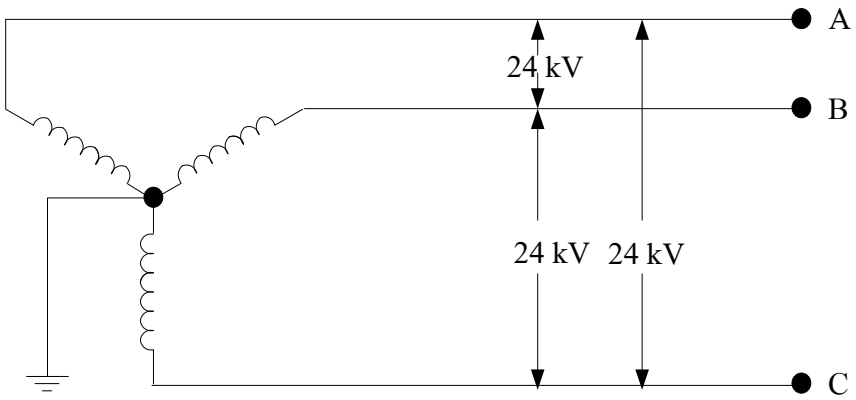
รูปที่ 1.26 แสดงสายจำหน่ายแรงสูง 33 kV 3 เฟส 3 สาย

1.2 ระบบจำหน่ายแรงสูงการไฟฟ้านครหลวง

ระบบจำหน่ายแรงสูงการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ซึ่งมีภาระหน้าที่จำหน่ายพลังงานไฟฟ้าแก่ประชาชน ธุรกิจและอุสาหกรรมในเขตพื้น 3 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรีและสมุทรปราการ การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) มีการจำหน่าย 2 ระดับ ได้แก่ 12 kV แสดงดังรูปที่ 1.27 (ก) และระดับ 24 kV แสดงดังรูปที่ 1.27 (ข) ตามลำดับ



(ก)ระบบจำหน่ายแรงสูง 12 kV3 เฟส 3 สาย



(ข)ระบบจำหน่ายแรงสูง 24 kV 3 เฟส 3 สาย

รูปที่ 1.27 แสดงระบบจำหน่ายแรงสูง 12 kV และ24 kV การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.)

ระบบจำหน่ายแรงสูงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) แสดงดังรูปที่ 1.28

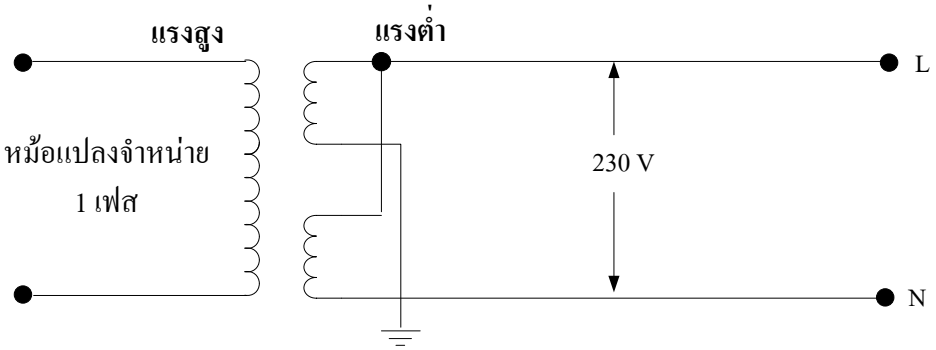
(ก) ระบบจำหน่ายไฟฟ้า จังหวัดนครราชสีมา

(ข) ระบบจำหน่ายไฟฟ้า จังหวัดนนทบุรี

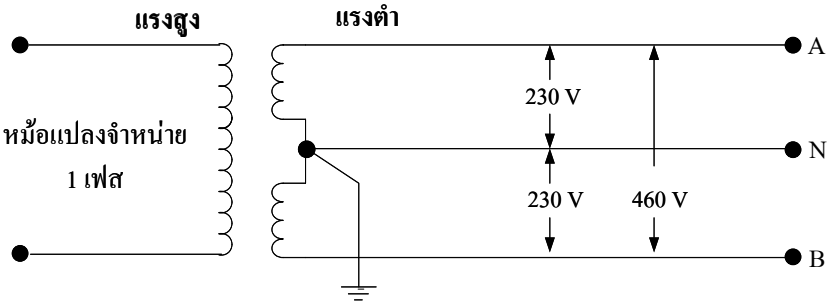
รูปที่ 1.28 แสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการไฟฟ้านครหลวง
(ที่มา:ทวี ไชยโคตร,2553)

2) สายจำหน่ายแรงต่ำหรือสายป้อนทุติยภูมิ (secondary feeder)แรงดันระบบจำหน่ายแรงต่ำของประเทศไทยจะกำหนดระดับใช้งานคือ

ระบบจำหน่ายแรงต่ำ 1 เฟส ระบบจำหน่ายแรงต่ำ 1 เฟส การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีทั้งระบบ 1 เฟส 2 สาย 230 V และ1 เฟส 3 สาย 460/230V แรงดันระหว่างสายเฟสและสายนิวตรอลมีค่า 230 V แสดงดังรูปที่ 1.29 และรูปที่ 2.30

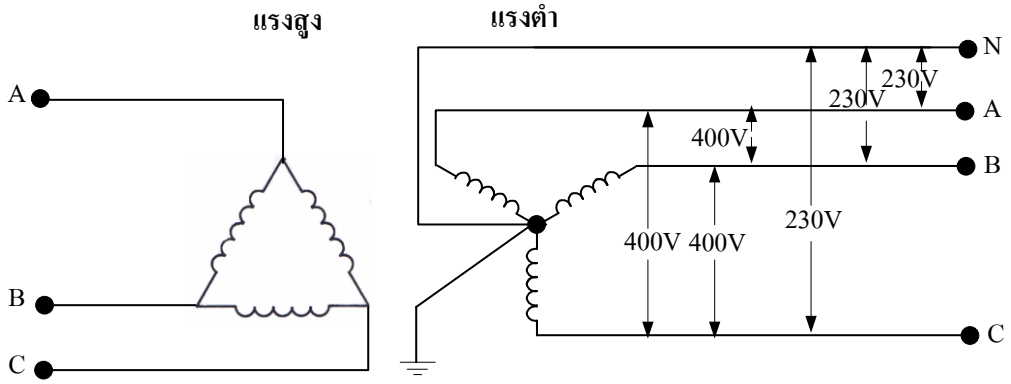


รูปที่ 1.29 แสดงระบบแรงต่ำ 1 เฟส 2 สาย แรงดัน 230 V



รูปที่ 1.30 แสดงระบบแรงต่ำ 1 เฟส 3 สาย แรงดัน 460/230 V

ระบบจำหน่ายแรงต่ำ 3 เฟส 4 สายแรงดันไฟฟ้าที่มาตรฐานของระบบ 3 เฟส 4 สาย ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) แสดงดังรูปที่ 1.31 ซึ่งจะมีระบบ 400/230 V นั่นคือแรงดันระหว่างสายเฟส 400 V และสายนิวตรอลจะมีค่า 230 V ตามลำดับ ระบบจำหน่ายแรงต่ำ 3 เฟส 4 สาย นั้นจะมีความคล่องตัวสูงในการใช้งาน สามารถใช้กับโหลดที่เป็นแสงสว่างและโหลดกำลังจำพวกมอเตอร์ไฟฟ้า

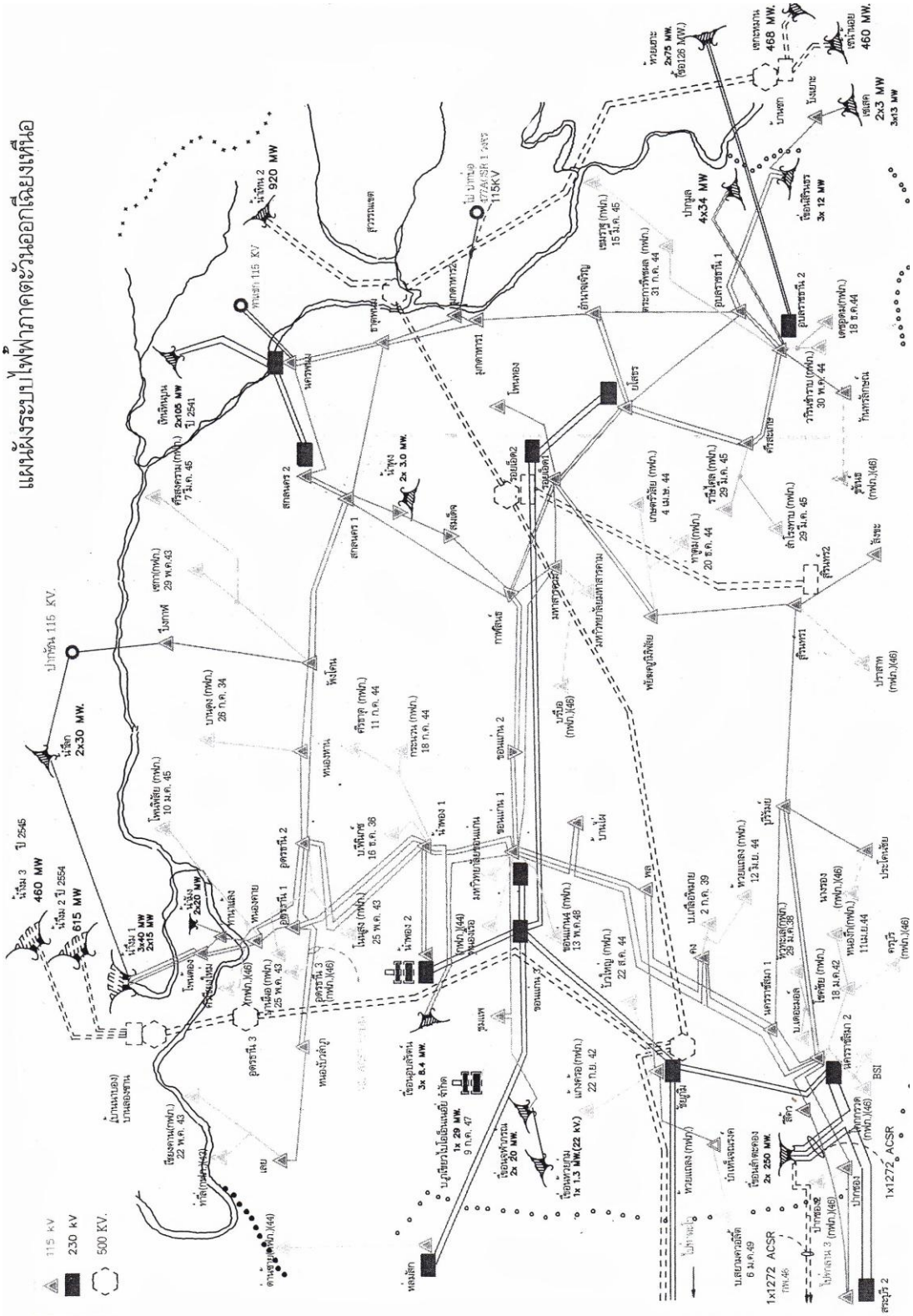


รูปที่ 1.31 แสดงระบบแรงต่ำ 3 เฟส 4 สาย แรงดัน 400/230 V

ระบบจำหน่ายแรงต่ำ 3 เฟส 4 ที่มีขนาดแรงดันไฟฟ้า 400/230 V ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ที่ใช้ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา แสดงดังรูปที่ 1.32

รูปที่ 1.32 แสดงระบบจำหน่ายแรงต่ำ 3 เฟส 4 สาย แรงดัน 400/230 V
อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา
(ที่มา:ทวี ไชยโคตร,2553)

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้สร้างสถานีไฟฟ้าแรงสูงขึ้นกระจายอยู่ตามแหล่งชุมชนและอุตสาหกรรมทั่วประเทศเพื่อจะมีสายส่งและจ่ายไฟฟ้าเชื่อมโยงระหว่างสถานีไฟฟ้าของแต่ละแห่งทำให้สามารถส่งจ่ายไฟฟ้าได้อย่างมีคุณภาพและประสิทธิภาพ ซึ่งสถานีไฟฟ้าแรงสูงจะรับแรงดันไฟฟ้าสูงขนาด 69 kV 115 kV 230 kV และ 500 kV มาลดลงให้เป็นแรงดันปานกลางระดับ 11 kV 22 kV และ 33 kV เพื่อที่จะให้ได้ตามข้อกำหนดแต่ละพื้นที่แล้วจ่ายให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) เพื่อจ่ายให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าที่กระจายอยู่ทั่วพื้นที่แหล่งชุมชนต่าง ๆ ต่อไปและสำหรับประเทศไทยตั้งโรงไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ จะกระจายอยู่ทั่วทุกภาคเพื่อผลิตไฟฟ้าป้อนเข้าสู่ระบบกำลังไฟฟ้า ภาพรวมระบบส่งและจ่ายไฟฟ้าของภาคตะวันออกเฉียงเหนือแสดงดังรูปที่ 1.33 ส่งผลทำให้การส่งและจ่ายพลังไฟฟ้านั้นครอบคลุมพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนืออย่างเพียงพอ



รูปที่ 1.33 แสดงระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

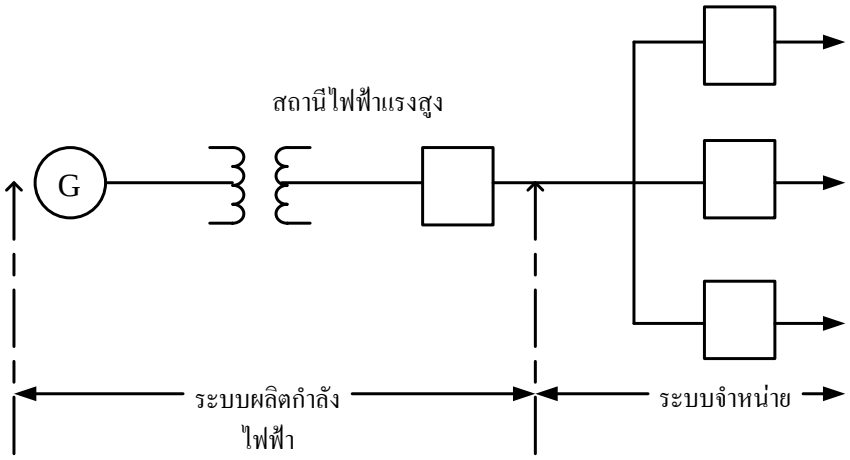
(ที่มา:การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2549)

1.3 วงจรระบบส่งและจ่ายพลังไฟฟ้า

วงจรระบบส่งและจ่ายพลังไฟฟ้ามีรูปแบบวงจรพื้นฐาน 3 แบบ คือ ระบบเรเดียล (radial system) ระบบลูป (loop system) และระบบเน็ตเวิร์ก (network system) รายละเอียดดังนี้

1.3.1 ระบบเรเดียล (radial system)

ระบบเรเดียล คือระบบที่มีสายจ่ายพลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไปสู่โหลดเพียงวงจรเดียวเริ่มจากบัส (bus) ของแหล่งจ่ายพลังไฟฟ้า และสิ้นสุดที่สถานีไฟฟ้าโดยตรง ระบบเรเดียลจะแยกวงจรออกไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าที่จุดต่าง ๆ ตามที่ต้องการใช้งานพลังไฟฟ้า วงจรระบบส่งและจ่ายไฟฟ้าแบบระบบเรเดียล แสดงดังรูปที่ 1.34



รูปที่ 1.34 ระบบส่งและจ่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล

ข้อดีระบบเรเดียล

1) ประหยัดค่าใช้จ่ายเนื่องจากการลงทุนการจ่ายระบบเรเดียลแบบนี้ไม่สูงมาก

2) ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างน้อยจึงเหมาะกับพื้นที่ที่มีการใช้ไฟน้อยและอยู่ห่างไกล

3) การออกแบบวงจรง่ายต่อการใช้งาน

4) เมื่อเกิดปัญหาข้อขัดข้องกับการจ่ายไฟส่วนใดส่วนหนึ่งสามารถตัดวงจรไฟฟ้าส่วนนั้นออกเพื่อทำการแก้ไขได้ทันที

ข้อเสียระบบเรเดียล

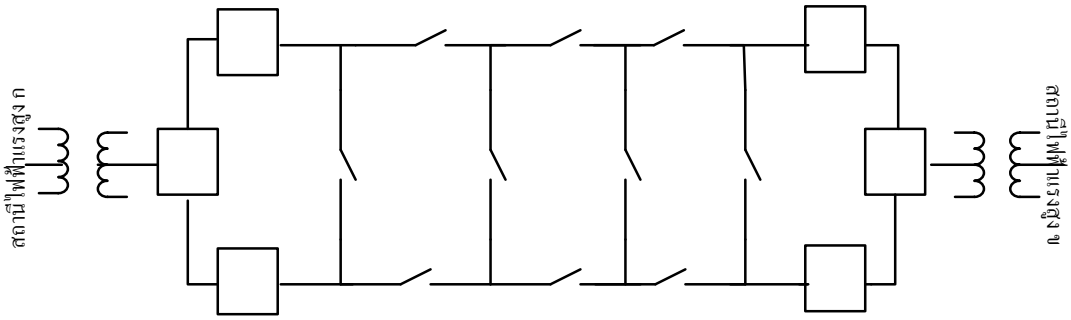
1) ขาดความน่าเชื่อถือเมื่อเกิดเบรกเกอร์ฟอลต์ (breaker fault) จะส่งผลให้ไฟฟ้าดับทั้งระบบ

2) ยากต่อการบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้ง

3) มีความสามารถในการใช้งานต่ำไม่เป็นที่นิยมใช้งานในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า

1.3.2 ระบบลูป (loop system)

ระบบลูปเป็นการเพิ่มความเชื่อถือได้ในการส่งและจ่ายไฟฟ้าให้สูงขึ้นจึงจัดวงจรสายส่งให้มีการจ่ายพลังไฟฟ้ามากกว่า 1วงจร โดยการจ่ายไฟฟ้าต่อวงจรออกไปจากสถานีไฟฟ้าย่อยเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ตามจุดต่าง ๆ ในพื้นที่บริการแล้ววนกลับมายังสถานีไฟฟ้าเดิม ระบบนี้จำเป็นต้องมีการใช้สวิตช์ตัดตอนและอุปกรณ์ป้องกันที่ดีเพื่อสามารถตัดไฟฟ้าออกในส่วนที่ขัดข้อง เมื่อทำการแก้ไขได้วงจรระบบส่งและจ่ายไฟฟ้าแบบลูป แสดงดังรูปที่ 1.35



รูปที่ 1.35 ระบบส่งและจ่ายไฟฟ้าระบบลูป

ข้อดีระบบลูป

1) ความน่าเชื่อถือเมื่อเกิดเบรกเกอร์ฟอลต์ (breaker fault) ยังสามารถการส่งและจ่ายไฟฟ้าได้

2) เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีผู้ใช้ไฟฟ้าหนาแน่น

3) เมื่อมีเหตุขัดข้องมีสวิตช์ตัดตอนและอุปกรณ์ป้องกันที่ดีแก้ไขได้

4) การสูญเสียในสายไฟฟ้าน้อย

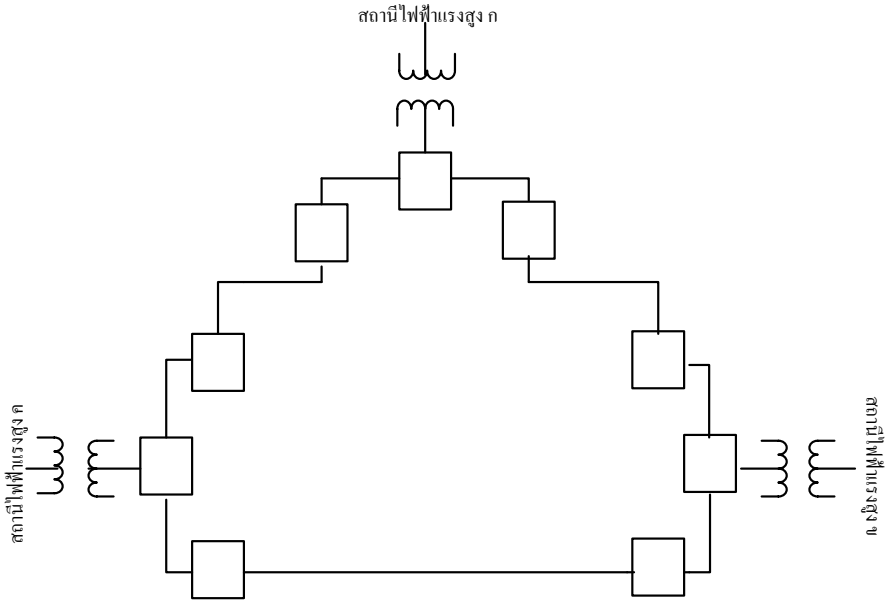
ข้อเสียระบบลูป

1) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงกว่าแบบเรเดียล

2) ถ้าเกิดฟอลต์ขึ้นที่บัสของแหล่งจ่ายพลังไฟฟ้าจะทำให้สายส่งพลังไฟฟ้าทั้ง 2 วงจร จะไม่สามารถจ่ายพลังไฟฟ้าได้ส่งผลให้ไฟฟ้าดับหมดทุกสถานีไฟฟ้า

1.3.3 ระบบเน็ตเวิร์ก (network system)

การจัดวงจรระบบเน็ตเวิร์กซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.36 โดยระบบนี้จะต่อเชื่อมสถานีไฟฟ้าย่อยถึงกันหมดและมีการจ่ายพลังไฟฟ้าให้กับสถานีไฟฟ้าจากหลายแห่งจ่าย โดยการใช้สวิตช์ตัดตอนและอุปกรณ์ป้องกันช่วยในการตัดต่อระบบวงจร เพื่อให้สามารถตัดส่วนหนึ่งส่วนใดออกทำการแก้ไขได้ จึงส่งผลให้การส่งและจ่ายพลังไฟฟ้าด้วยระบบเน็ตเวิร์กนั้น มีความเชื่อถือได้มากที่สุดเนื่องจากระบบนี้ต้องมีการควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้า (power flow) และระบบรีเลย์ (relay) เหมาะกับการใช้ในเมืองที่มีประชากรหนาแน่น ย่านธุรกิจชุมชนของเมืองใหญ่ ๆ



รูปที่ 1.36 ระบบส่งและจ่ายไฟฟ้าแบบเน็ตเวิร์ก

ข้อดีระบบเน็ตเวิร์ก

1) มีแรงดันตกน้อย

2) ไม่เกิดไฟฟ้ากระพริบ

3) ความเชื่อถือได้สูงที่สุด

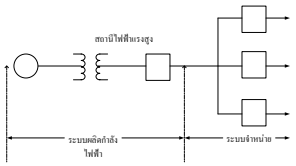
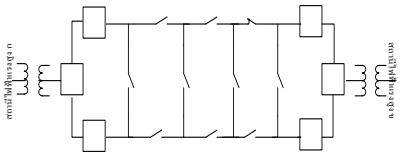
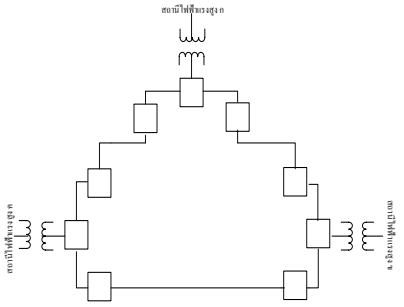
ข้อเสียระบบเน็ตเวิร์ก

1) มีการลงทุนสูง

2) ระดับกระแสลัดวงจรสูงที่สุด

3) ความซับซ้อนของวงจรมีมากเพราะต้องใช้ระบบป้องกันที่ยุ่งยาก

ตารางที่ 1.4 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวงจรระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า

ระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	ข้อดี	ข้อเสีย
1.ระบบเรเดียล (radial system) 	- ระดับกระแสลัดวงจรต่ำ - ประหยัดค่าใช้จ่าย - พื้นที่ในการก่อสร้างน้อย - วงจรง่ายต่อการใช้งาน - เมื่อเกิดปัญหาสามารถตัดวงจรไฟฟ้าส่วนนั้นออก	- เมื่อเกิดฟอลต์ไฟฟ้าจะดับหมดดังนั้นจึงต้องการสายส่งมากกว่า 1 วงจรเพื่อสำรองในกรณีฉุกเฉิน - ยากต่อการบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้ง
2.ระบบลูป (loop system) 	- มีแรงดันไฟฟ้าตกน้อย - ไม่เกิดไฟฟ้ากระพริบ - ความเชื่อถือได้สูง - เหมาะกับพื้นที่ที่มีผู้ใช้ไฟฟ้าหนาแน่น - มีสวิตช์ตัดตอนและอุปกรณ์ป้องกันดีแก้ไขได้ - สูญเสียในสายไฟฟ้าน้อย	- ระดับกระแสลัดวงจรสูงกว่าแบบเรเดียล - เมื่อเกิดฟอลต์ที่บัสต้นทางไฟฟ้าจะดับหมด - ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง
3.ระบบเน็ตเวิร์ก (network system) 	- มีแรงดันตกน้อย - ไม่เกิดไฟฟ้ากระพริบ - ความเชื่อถือได้สูงที่สุด	- การลงทุนสูง - ระดับกระแสลัดวงจรสูงที่สุด - ความซับซ้อนของวงจรมีมากเพราะต้องใช้ระบบป้องกันที่ยุ่งยาก

1.4 แรงดันและความถี่มาตรฐานระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า

การส่งพลังงานไฟฟ้าปริมาณมาก ๆ ตามสายส่งมีความน่าเชื่อถือและกำลังสูญเสียในสายส่งต่ำกว่าการส่งแบบวิธีอื่น ๆ ซึ่งกำลังสูญเสียภายในสายจะแปรผันตาม I^2R แต่ความต้านทานของสายส่งจะแปรผันตามระยะทาง ซึ่งมีวิธีการแก้ไขการสูญเสียภายในสายส่งทำได้ 2 วิธีดังนี้

1) ลดความต้านทานของสายส่ง เลือกใช้วัสดุที่มีความตานทานจำเพาะต่ำ และเพิ่มพื้นที่หน้าตัดสายส่งให้โตขึ้น เหมาะกับการส่งกำลังที่มีระยะทางใกล้ ๆ ระบบจำหน่าย

2) เพิ่มแรงดันที่ใช้ส่งพลังงาน เพื่อลดขนาดกระแสที่ใช้ส่งให้ต่ำลง เหมาะกับการส่งกำลังระยะทางไกล

1.4.1 แรงดันมาตรฐานระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า

การส่งพลังงานเพื่อให้ประหยัดนั้นต้องเลือกใช้ระดับแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมสัมพันธ์กับระยะทาง ระดับแรงดันที่ใช้งานจริงแต่ละประเทศเป็นผู้เลือกตามความเหมาะสมจากระดับมาตรฐานที่กำหนด แสดงดังตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 แสดงค่าแรงดันระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า

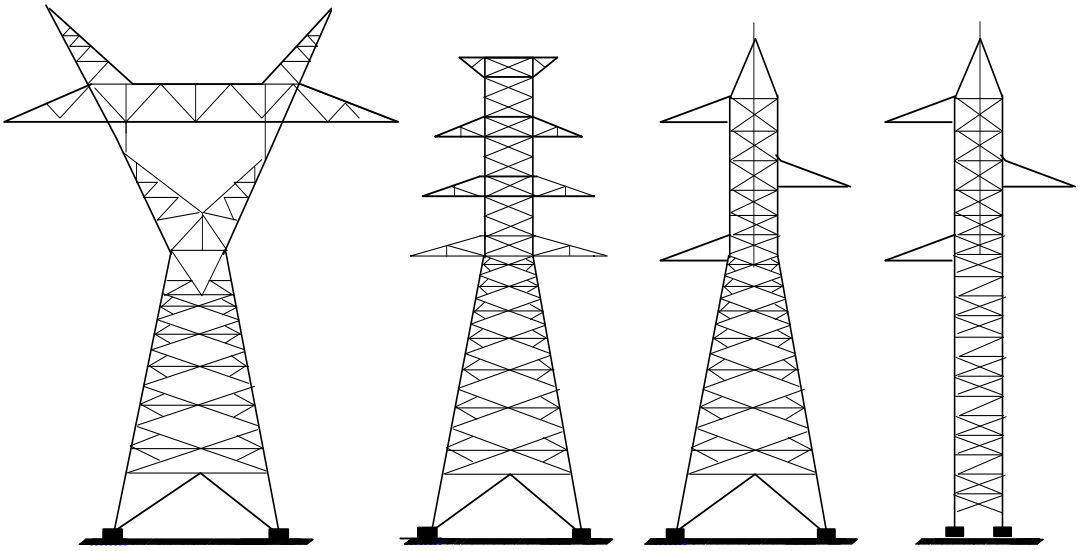
ระดับแรงดัน	แรงดันปกติ	แรงดันสูงสุดเทียบกับค่ากำหนด	
	(kV)	(kV)	(%)
แรงดันสูง	46	48.3	105
(high voltage)	69	72.5	105
	115	121	105
	138	145	105
	161	169	105
	230	242	105
แรงดันสูงเอ็กซ์ตร้า	345	362	105
(extra high voltage)	500	550	110
	765	800	105
แรงดันสูงอัลตรา	1,100	1,200	109
(ultra high voltage)			

ที่มา:ชลิต ดำรงรัตน์,2521:27

ตารางที่ 1.6 แสดงค่าแรงดันระบบส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงที่ใช้ในประเทศไทย

ระดับแรงดัน	แรงดันปกติ	แรงดันสูงสุดเทียบกับค่ากำหนด	
	(kV)	(kV)	(%)
แรงดันสูง	69	72.5	105
	115	121	105
	230	242	105
แรงดันสูงเอ็กซ์ตร้า	500	550	110

จากตารางที่ 1.6 ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้าในประเทศไทย คือ 69 kV 115 kV 230 kV และ 500 kV ตามลำดับ รูปที่ 1.37 แสดงเสาโครงเหล็ก (steel tower) แบบต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบการส่งและจ่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)



รูปที่ 1.37 แสดงเสาโครงเหล็ก (steel tower) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
(ที่มา:การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย,2549:18)

ตารางที่ 1.7 แสดงการเปรียบเทียบระดับแรงดันที่ใช้ในประเทศไทยและกลุ่มประเทศต่าง ๆ

ประเทศไทย	ประเทศอเมริกา	กลุ่มประเทศยุโรป
69 kV	69 kV	66 kV
115 kV	115 kV	-
-	138 kV	132 kV
-	161 kV	-
230 kV	230 kV	275 kV
-	345 kV	-
500 kV	500 kV	400 kV
-	765 kV	-
-	1,100 kV	-

ที่มา:ชลิต ดำรงรัตน์,2521:26

มาตรฐานระบบแรงดันของประเทศไทย ซึ่งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) สรุปได้ดังตารางที่ 1.8 ดังนี้

ตารางที่ 1.8 แสดงมาตรฐานระบบแรงดันระดับต่าง ๆ ของประเทศไทย

ประเภทแรงดันระดับต่าง ๆ	แรงดันระหว่างสาย (V)
แรงดันต่ำ	220/380
แรงดันปานกลาง	12,000
	22,000
	24,000
	33,000
แรงดันระดับสูง	69,000
	115,000
	230,000
แรงดันสูงพิเศษ	500,000

ที่มา: โตศักดิ์ ทัศนานุตริยะ,2540:97

และส่วนพื้นการให้บริการของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) กำหนดเป้าหมายการจ่ายไฟฟ้าสภาวะปกติ (normal) และสภาวะฉุกเฉิน (emergency) ให้ได้แรงดันที่ค่าต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 1.9

ตารางที่ 1.9 แสดงมาตรฐานดับแรงดันสภาวะปกติ (normal) และสภาวะฉุกเฉิน (emergency)

ระดับแรงดันมาตรฐาน (V)	สภาวะปกติ(normal)		สภาวะฉุกเฉิน(emergency)	
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
220	231	214	239	209
380	400	371	414	362
12,000	11,800	10,900	12,000	10,800
24,000	23,600	21,800	24,000	21,600
69,000	70,350	63,650	72,500	57,335
115,000	117,600	106,400	123,000	96,012
230,000	231,000	209,000	242,000	198,000

ที่มา: โตศักดิ์ ทัศนานุตริยะ,2540:97

1.4.2 ความถี่มาตรฐานระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า

ความถี่มาตรฐานระบบและส่งจ่ายไฟฟ้าที่ใช้งานในปัจจุบันมี 2 ความถี่ ได้แก่ ความถี่ 50 Hz และความถี่ 60 Hz ซึ่งความถี่ที่ใช้ในทวีปและประเทศต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 1.10

ตารางที่ 1.10 แสดงการเปรียบเทียบระดับความถี่และแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานประเทศต่าง ๆ

ทวีป/ประเทศ	ความถี่ (Hz)	แรงดัน (V)
ทวีปยุโรป		
กรีซ	50	127, 220
เชคโกสโลวะเกีย	50	110, 220
เดนมาร์ก	50	220
ตุรกี	50	110, 220
เนเธอร์แลนด์	50	125, 127, 150, 220
นอร์เวย์	50	220
เบลเยี่ยม	50	110, 127, 220
โปแลนด์	50	220

ที่มา:ชลิต ดำรงรัตน์,2521:27-29

ตารางที่ 1.10 (ต่อ)

ทวีป/ประเทศ	ความถี่ (Hz)	แรงดัน (V)
ทวีปยุโรป		
โปรตุเกส	50	110, 220
ฝรั่งเศส	50	110, 120, 220
ฟินแลนด์	50	220
ยูโกสลาเวีย	50	220
เยอรมัน	50	110, 120, 127, 220
รัสเซีย	50	100, 127, 220
โรมาเนีย	50	120
ลักเซมเบิร์ก	50	110, 220
สเปน	50	127, 150, 220
สาธารณรัฐโดมินิกัน	60	115
สวิตเซอร์แลนด์	50	220
สวีเดน	50	220
อังกฤษ	50	230, 240
อิตาลี	50	110, 120, 127, 150, 220
ออสเตรีย	50	240, 250
ฮังการี	50	110, 220
ทวีปเอเชีย		
เกาหลี	60	105
ซาอุดิอะราเบีย	50,60	110, 220, 240
ซีเรีย	50	115
ญี่ปุ่น	50,60	100
ไทย	50	220
ปากีสถาน	60	220, 230
ฟิลิปปินส์	60	110, 220
มาเลเซีย	50	230
เลบานอน	50	110, 220
เวียดนาม	50	127
สาธารณรัฐประชาชนจีน	60	100
อินโดนีเซีย	50	127, 220

ที่มา:ชลิต ดำรงรัตน์,2521:27-29

ตารางที่ 1.10 (ต่อ)

ทวีป/ประเทศ	ความถี่ (Hz)	แรงดัน (V)
อินเดีย	50	230
อิรัก	50	220
อิสราเอล	50	230
อิหร่าน	50	220
อิยิปต์	50	110, 115, 200
ทวีปอเมริกาเหนือ		
แคนาดา	60	115, 120
สหรัฐอเมริกา	60	115, 120
ทวีปอเมริกาใต้		
คิวบา	60	115
โคลัมเบีย	60	110, 150
นิคารากัว	60	120
บราซิล	50,60	110, 115, 125, 127, 220
ปานามา	60	110, 115, 120
เปรู	50,60	110, 220
เม็กซิโก	50,60	110, 120, 125
ทวีปแอฟริกา		
ตูนีเซีย	50	115, 220
ไนจีเรีย	50	230
อัลจีเรีย	50	127, 220
ไฮติ	60	110, 115, 220
ทวีปออสเตรเลีย		
นิวซีแลนด์	50	230
ออสเตรเลีย	50	240, 250
ทวีปแอนตาร์กติกา		
-	-	-

ที่มา:ชลิต ดำรงรัตน์,2521:27-29

จากตารางที่ 1.10 พบว่าประเทศไทยใช้ความถี่มาตรฐาน 50 Hz และแรงดันไฟฟ้ามาตรฐาน 220 V และภาพรวมระบบและส่งจ่ายไฟฟ้าของกลุ่มประเทศต่าง ๆ ในจำนวน 7 ทวีป เช่น ทวีปเอเชีย ทวีปยุโรป ทวีปยุโรป ทวีปอเมริกา เป็นต้น ซึ่งความถี่มาตรฐานที่ใช้งานมี 2 ความถี่ ได้แก่ 50 Hz และความถี่ 60 Hz ส่วนระดับแรงดันไฟฟ้าตามแต่มาตรฐานของแต่ละประเทศกำหนด

1.5 คุณลักษณะและประเภทของโหลด

คุณลักษณะและประเภทของโหลดในระบบไฟฟ้ามีความหมายดังนี้

1.5.1 คุณลักษณะโหลด

ดีมานด์แฟกเตอร์ (demand factor) โหลดแฟกเตอร์ (load factor) ไดเวอร์ซิตีแฟกเตอร์ (diversity factor) และโคอินซิเดนซ์แฟกเตอร์ (coincidence factor) เป็นต้น

1) เส้นโค้งโหลด (load curve) โหลดคือปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าเพื่อนำข้อมูลมาศึกษาปริมาณและลักษณะการใช้ไฟฟ้าของใช้ไฟฟ้า ซึ่งอาจจะบอกหน่วยเป็น กิโลวัตต์ (kW) หรือ กิโลโวลต์-แอมป์แปร์ (kVA) ซึ่งเส้นโค้งโหลดจะแสดงถึงค่าของโหลดจำเพาะในหน่วยเวลาแต่ละหน่วยของคาบเวลาที่ครอบคลุม เมื่อผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายจะใช้ไฟฟ้าตามต้องการจึงมีลักษณะการใช้ไฟฟ้าแตกต่างกันในแต่ละราย ดังนั้นเส้นโค้งโหลดจึงไม่คงที่แต่จะเปลี่ยนแปลงตามเวลาที่ใช้

2) ดีมานด์ (demand) คือค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในช่วงเวลาหนึ่งที่พิจารณามีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ (kW) เช่นเดียวกับโหลด แต่ดีมานด์มีความหมายแตกต่างไปจากโหลดคือดีมานด์หมายถึงค่าเฉลี่ยของโหลดในช่วงเวลาหนึ่ง

$$\text{ดีมานด์ (demand)} = \frac{\text{พลังงาน (kW-hr)ที่ต้องการหนึ่งคาบเวลา}}{\text{เวลา (hr) ในหนึ่งคาบเวลา}} \quad (1.1)$$

3) ดีมานด์แฟกเตอร์ (demand factor) คือ ตัวประกอบที่จะบอกถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าซึ่งสามารถหาค่าดีมานด์แฟกเตอร์ได้จากอัตราส่วนระหว่าง ดีมานด์สูงสุด (maximum demand) ต่อโหลดติดตั้ง (connected load)

$$\text{ดีมานด์แฟกเตอร์ (demand factor)} = \frac{\text{ดีมานด์สูงสุด (maximum demand)}}{\text{โหลดติดตั้ง (connected load)}} \quad (1.2)$$

ตัวอย่าง 1.1

บ้านพักครูหลังหนึ่งมีหลอดไฟฟ้าและการใช้งาน ดังนี้ หลอดไฟ 100 W จำนวน 4 หลอด หลอดฟูออเรสเซ็นต์ 36 W จำนวน 4 หลอด และหลอดฟูออเรสเซ็นต์ 18 W จำนวน 5 หลอด ดีมานด์มิเตอร์อ่านค่าโหลดสูงสุดได้ 400 W ช่วงเวลา 20 นาที จงหาดีมานด์แฟกเตอร์ (demand factor)

วิธีทำ

โหลดติดตั้ง $= (100\times 4) + (36\times 4) + (18\times 5)$

$= 634$ W

ดีมานด์แฟกเตอร์ $= \frac{400}{634} = 0.63$

$= 63.09\ \%$ **ตอบ**

4) โหลดแฟกเตอร์ (load factor) คือ อัตราส่วนระหว่างโหลดเฉลี่ย (average load)ในช่วงเวลาที่พิจารณาต่อโหลดสูงสุด (maximum load) ช่วงเวลานั้น

$$\text{โหลดแฟกเตอร์ (load factor)} = \frac{\text{โหลดเฉลี่ย (average load)}}{\text{โหลดสูงสุด (maximum load)}} \quad (1.3)$$

ซึ่งโหลดเฉลี่ย (average load) ถ้าหาค่าเฉลี่ยใน 1 วัน เรียกว่า โหลดแฟกเตอร์ประจำวัน (dialy load factor) ถ้าหาใน 1 เดือน เรียกว่า โหลดแฟกเตอร์ประจำเดือน (montly load factor) และ ถ้าต้องการหาใน 1 ปี จะเรียกว่า โหลดแฟกเตอร์ประจำปี (yearly load factor หรือ annual load factor) และโหลดสูงสุด (maximum load) หรือค่าความต้องการกำลังสูงสุดที่ใช้ในการหาโหลดแฟกเตอร์ อาจจะบอกระยะเวลาที่โหลดต้องการกำลังสูงสุด

พื้นที่ใต้โหลดกราฟเป็นปริมาณพลังงานไฟฟ้า (kW-hr) ที่ใช้ในช่วงเวลาหนึ่ง ดังนั้นโหลดแฟกเตอร์จึงสามารถคำนวณหาได้จากอัตราส่วนระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาหนึ่งต่อโหลดสูงสุดคูณกับช่วงเวลานั้น

$$\text{โหลดแฟกเตอร์ (load factor)} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้า (kW-hr) 24 ชั่วโมง}}{\text{โหลดสูงสุด x 24 ชั่วโมง}} \quad (1.4)$$

ตัวอย่าง 1.2

สถานีไฟฟ้าแรงสูงนครราชสีมา 1 มีโหลดติดตั้ง 50 MW แต่ได้จ่ายโหลดสูงสุด 30 MW ถ้าระยะเวลา 1 เดือน สถานีไฟฟ้าแรงสูงนครราชสีมา 1 สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ 7,500,000 kW-hr จงหาค่าต่อไปนี้

ก. ดีมานด์แฟกเตอร์ (demand factor)

ข. โหลดแฟกเตอร์ (load factor)

วิธีทำ

ก. ดีมานด์แฟกเตอร์ (demand factor)

$$= \frac{30}{50} = 0.60$$

$$= 60.00\ \% \quad \textbf{ตอบ}$$

$$\text{โหลดเฉลี่ย} = \frac{7{,}500{,}000}{30 \times 24}$$

$$= \frac{7{,}500{,}000}{720}$$

$$= 10{,}416.66\ \text{kW}$$

ข. โหลดแฟกเตอร์ (load factor)

$$= \frac{10.41}{30}$$

$$= 0.34 = 34.70\ \% \quad \textbf{ตอบ}$$

5) ไดเวอร์ซิตีแฟกเตอร์ (diversity factor) คือ อัตราส่วนระหว่างผลรวมของโหลดสูงสุดที่ได้จากแต่ละกลุ่มหรือประเภทต่อความต้องการกำลังไฟฟ้าโหลดรวมสูงสุดของระบบ

$$\text{ไดเวอร์ซิตีแฟกเตอร์} = \frac{\text{ผลรวมโหลดสูงสุดจากแต่ละกลุ่ม}}{\text{โหลดรวมสูงสุดระบบ}} \qquad (1.5)$$

6) โคอินซิเดนต์แฟกเตอร์ (coincidence factor) คือ อัตราส่วนของค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าโคอินซิเดนต์รวมสูงสุด ต่อค่ารวมของความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของโหลดแต่ละประเภทที่ได้รับไฟจากจุดแหล่งจ่ายเดียวกัน

$$\text{โคอินซิเดนต์แฟกเตอร์} = \frac{\text{ความต้องการกำลังไฟฟ้าโคอินซิเดนต์สูงสุด}}{\text{ค่ารวมความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดโหลด}} \qquad (1.6)$$

หรือโคอินซิเดนต์แฟกเตอร์ (coincidence factor) คือส่วนกลับของไดเวอร์ซิตีแฟกเตอร์

$$\text{โคอินซิเดนต์แฟกเตอร์} = \frac{1}{\text{ไดเวอร์ซิตีแฟกเตอร์}} \qquad (1.7)$$

1.5.2 ประเภทของโหลด

ประเภทโหลดสามารถแบ่งได้ตามลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ดังนี้

1) โหลดที่พักอาศัย (residential or domestic load) จะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือแสงสว่าง พัดลม และเครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น วิทยุ โทรทัศน์ ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น โหลดที่พักอาศัยส่วนใหญ่จะถูกใช้พร้อมกัน มีค่าดีมานด์แฟกเตอร์ 100 เปอร์เซ็นต์ ผู้ที่ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายจะมีลักษณะการใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน จึงมีค่าไดเวอร์เตอร์อยู่ที่ประมาณ 1.2-1.3 และโหลดส่วนใหญ่นั้นจะเกิดขึ้นในบางช่วงเวลาในแต่ละวันเท่านั้น ค่าโหลดแฟกเตอร์จึงมีค่าต่ำประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์

2) โหลดธุรกิจการค้า (commercial load) คือ โหลดที่เกี่ยวกับธุรกิจ ค้าขาย ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแสงสว่างเพื่อใช้ในการโฆษณา พัดลม และเครื่องใช้สำนักงาน ร้านค้า ห้างสรรพสินค้า ภัตตาคาร ลักษณะเครื่องใช้จะเหมือนกับที่พักอาศัยแต่มีขนาดใหญ่กว่า มีดีมานด์แฟกเตอร์เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ และไดเวอร์ซิตีแฟกเตอร์อยู่ประมาณ 1.1-1.2 โหลดธุรกิจการค้าส่วนใหญ่นั้นจะมีชั่วโมงในการทำงานมากกว่าโหลดที่พักอาศัย จึงมีโหลดแฟกเตอร์สูงกว่าประมาณ 25-30 เปอร์เซ็นต์

3) โหลดโรงงานอุตสาหกรรม (industrial load) คือ โหลดของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งยังสามารถแบ่งย่อยออกไปได้อีกตามปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ดังนี้อุตสาหกรรมในครัวเรือนที่ต้องการกำลังไฟฟ้าไม่เกิน 5 kW อุตสาหกรรมขนาดเล็กใช้กำลังไฟฟ้าระหว่าง 5-25 kW อุตสาหกรรมขนาดกลางที่ต้องการใช้กำลังไฟฟ้าระหว่าง 25-100 kW อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ต้องการใช้กำลังไฟฟ้าระหว่าง 100-500 kW และอุตสาหกรรมขนาดหนักต้องการกำลังไฟฟ้าจะอยู่ระหว่าง500 kW ขึ้นไป มีความต้องการกำลังไฟฟ้าเป็นเวลาตลอดทั้งวันมีการใช้กำลังไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมออุตสาหกรรมขนาดใหญ่ค่าดีมานด์แฟกเตอร์อยู่ระหว่าง70-80 เปอร์เซ็นต์ และโหลดแฟกเตอร์ประมาณ 60-65 เปอร์เซ็นต์ และอุตสาหกรรมขนาดหนักค่าดีมานด์แฟกเตอร์อยู่ระหว่าง 85-90 เปอร์เซ็นต์ และโหลดแฟกเตอร์ประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4) โหลดหน่วยงานรัฐบาล (government load) คือโหลดหน่วยงานของรัฐบาล เช่น โรงเรียน สถานีอำเภอ โรงพยาบาล เป็นต้น เป็นได้ทั้งโหลดที่พักอาศัย ทางธุรกิจ หรือโหลดอุตสาหกรรมต้องพิจารณาตามลักษณะของการใช้งานและกำลังไฟฟ้าที่ใช้

5)โหลดหน่วยงานเทศบาล (municipal load) คือ โหลดที่ใช้งานตามเทศบาล ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นไฟฟ้าแสงสว่างตามท้องถนน มีปริมาณของโหลดขึ้นอยู่กับความสามารถของหน่วยงานเทศบาลที่จะติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้มากหรือน้อย และจะมีคุณภาพดีขนาดใดขึ้นอยู่กับเทศบาลนั้น ๆ โหลดหน่วยงานเทศบาลจะใช้ทั้งหมดในเวลากลางคืนจึงมีค่าดีมานด์แฟกเตอร์100 เปอร์เซ็นต์ และมีชั่วโมงการใช้งานแต่ละวันประมาณ 12 ชั่วโมง คือการใช้งานเฉพาะกลางคืนและโหลดสัญญาณของ

ไฟจราจรใช้งานตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงมีโหลดแฟกเตอร์ประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ และนอก จากนี้แล้วยังมีโหลดมอเตอร์ไฟฟ้าที่ในการประปาและบำบัดน้ำเสีย

ประเภทของโหลดที่พักอาศัย โหลดธุรกิจการค้า โหลดโรงงานอุตสาหกรรม โหลดหน่วย-งานรัฐบาล และโหลดหน่วยงานเทศบาล แสดงดังรูปที่ 1.38

รูปที่ 1.38 แสดงประเภทของโหลดแบบต่าง ๆ

6) โหลดการชลประทาน (irrigation load) คือ โหลดที่จะใช้กับระบบจ่ายน้ำในการเพราะปลูกพืช ซึ่งพืชแต่ละอย่างจะมีช่วงฤดูที่แตกต่างกันโดยโหลดส่วนใหญ่จะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการสูบน้ำเพื่อการเกษตร

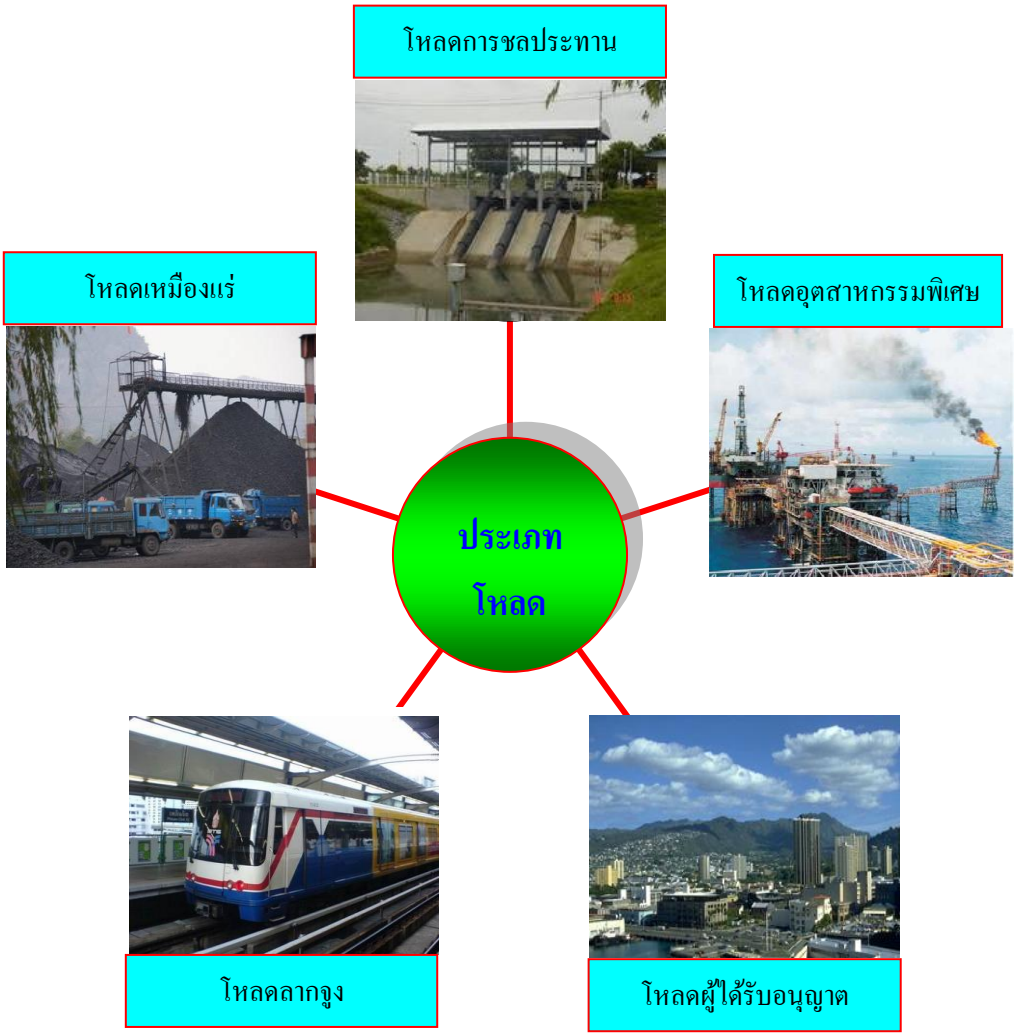
7) โหลดเหมืองแร่ (mining load) คือโหลดที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมเหมืองแร่ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับเครื่องจักรที่ใช้ในเหมืองแร่

8) โหลดลากจูง (commercial load) คือ โหลดที่ใช้ในการลากจูง ใช้ในระบบรถราง รถไฟฟ้า เป็นต้น

9) การจ่ายไฟฟ้าให้ผู้ได้รับอนุญาตจำหน่ายไฟฟ้า (supplies to different distributing licenses) ซึ่งบางเมืองนั้นอาจซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตรายใหญ่แทนที่จะติดตั้งโรงไฟฟ้าเองทำให้ประหยัดได้มากกว่าโหลดของเมืองต่าง ๆ นั้น ก็เป็นโหลดรวมทั้งหมดของระบบผู้ผลิตรายใหญ่ที่จ่ายไฟฟ้าให้

10) โหลดโรงงานอุตสาหกรรมพิเศษหลายอย่าง เช่น อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมสิ่งทอ-อุตสาหกรรมกระดาษ เป็นต้น ซึ่งโหลดอุตสาหกรรมเหล่านี้มีการใช้ไฟฟ้าในเวลาที่ต่างกันในหนึ่งวัน ดังนั้นจึงมีค่าโหลดแฟกเตอร์รวมดีขึ้นกว่าโหลดแฟกเตอร์ของโรงงานแต่ละแห่ง

ซึ่งประเภทของโหลดการชลประทาน โหลดเหมืองแร่ โหลดลากจูง ผู้ได้รับอนุญาตจำหน่ายไฟฟ้าและโหลดโรงงานอุตสาหกรรมพิเศษหลายอย่าง แสดงดังรูปที่ 1.39



รูปที่ 1.39 แสดงประเภทของโหลดแบบต่าง ๆ (ต่อ)

1.6 ความเชื่อถือ ความมั่นคงและเสถียรภาพระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

ระบบการส่งและจ่ายไฟฟ้า ความเชื่อถือ ความมั่นคงและเสถียรภาพของระบบนั้นนับได้ว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อผู้ใช้ไฟฟ้า

1.6.1 ความเชื่อถือระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้ากำลังต้องประกอบด้วยแหล่งผลิตไฟฟ้าหลาย ๆ ประเภท เช่น พลังน้ำ พลังความ-ร้อน พลังความร้อนร่วม พลังงานเครื่องยนต์ เป็นต้น โดยพลังงานบางตัวเป็นโหลดฐานให้กับโหลด (base load) เช่น โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม แสดงดังรูปที่ 1.40 บางตัวเป็นตัวจ่ายเสริมในระบบ (peaking load) และต้องมีกำลังไฟฟ้าสำรอง (spare capacity)ในระบบอย่างน้อยที่สุดนั้นจะต้องเท่ากับกำลังผลิตของเครื่องที่ใหญ่ที่สุดในระบบขณะนั้นเพราะเหตุว่า เมื่อมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากำลังผลิตมากที่สุดเกิดเหตุขัดข้องหลุดจากระบบก็จะยังสามารถจ่ายไฟฟ้าสำรองได้ ช่วยให้ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าในสภาพปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคธุรกิจอุตสาหกรรม ซึ่งหากไฟดับอาจส่งผลกระทบสร้างความเสียหายแก่ระบบเศรษฐกิจของประเทศได้

แต่ถ้าเกิดวิกฤตในระบบที่มีกำลังผลิตไม่เพียงพอคือมีโหลดพอ ๆ กับกำลังการผลิตเมื่อเครื่องเกิดขัดข้องทำให้โหลดสูงกว่ากำลังผลิตทำให้ความถี่ต่ำกว่า 50 Hz จะทำให้เครื่องอื่น ๆ ตัดโหลดเกิน (overload trip) ใช้วิธีการป้องกันโดยการตัดโหลดออกบางส่วน (shedding) เพื่อที่จะให้โหลดกับกำลังผลิต

(ก) โรงไฟฟ้าความร้อนร่วมบางปะกง (ข) โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม

รูปที่ 1.40 แสดงโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา

(ที่มา:www.static.panoramio.com)

1.6.2 ความมั่นคงระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

ความมั่นคงของระบบไฟฟ้าคือ เมื่อขณะที่ได้เดินเครื่องจ่ายไฟฟ้าถ้าตัวต้นกำลังหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกิดขัดข้องจะทำให้ค่าความเร็วรอบ (speed) ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปอย่างทันทีทันใดจนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลุดจากการขนานในระบบ (de - synchronizing)ถ้าระบบนั้นมีความมั่งคงเพียงพอโหลดจะใช้งานต่อไปได้ตามปกติ และในทางตรงกันข้ามกันถ้าระบบมีความมั่นคงต่ำ โหลดที่มีอยู่ในระบบแสดงดังรูปที่1.41 มอเตอร์ ระบบแสงสว่าง เป็นต้น ตามโรงงานอุตสาหกรรมจะหลุดออกจากระบบ

(ก) การใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง
(ที่มา:www.cocksyshadow.blogspot.com)

(ข) การใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม
(ที่มา:ทวี ไชยโคตร,2553)

รูปที่ 1.41 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีความมั่นคงของระบบ

1.6.3 เสถียรภาพระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

ความสามารถในการส่งพลังไฟฟ้าติดต่อกัน เมื่อมีภาระไฟฟ้าที่มีลักษณะคงที่และจะค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงไปทีละน้อยนั้นจะเรียกว่าเสถียรภาพที่มีภาระการสม่ำเสมอ (steady state stability) ของระบบไฟฟ้าและความสามารถในการส่งพลังไฟฟ้ากลับคืนสู่ภาวะสมดุล เมื่อเกิดการรบกวนขึ้นในทันทีทันใด ระหว่างการปฏิบัติงานอย่างสม่ำเสมอ จะเรียกว่าเสถียรภาพชั่วคราว (transient stability) ของระบบส่งจ่ายไฟฟ้า และถ้าขีดจำกัดของพลังส่งไฟฟ้าที่ยังคงรักษาเสถียรภาพของระบบส่งไฟฟ้าไว้ได้นั้น เรียกว่า ขีดจำกัดของเสถียรภาพพลังสตาติก (static stability power limit) และขีดจำกัดของเสถียรภาพที่มีภาวะชั่วคราว (transient stability power limit)

บทสรุป

ระบบไฟฟ้าในประเทศไทย เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ความถี่ 50 Hz ที่ใช้ทั้งระบบ 1 เฟส แรงดันไฟฟ้า 220 V ตามอาคารบ้านพักอาศัยทั่วไป และระบบ 3 เฟส แรงดันไฟฟ้า 380 V ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และการส่งและจ่ายไฟฟ้าที่ใช้ระดับแรงดันไฟฟ้านาด 11 kV 22 kV 33 kV 69 kV 115 kV 230 kV และ 500 kV ตามลำดับ หน่วยงานที่รับผิดชอบดังนี้ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.)

หนังสืออ่านเพิ่มเติม

กองประชาสัมพันธ์กลุ่มระบบส่ง. **ไฟฟ้าและสายส่งไฟฟ้าแรงสูง**. นนทบุรี : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2549.

กองแผนงานและปฏิบัติการ. **เอกสารประกอบการฝึกอบรมพนักงานประจำสถานีไฟฟ้า 115 kV**. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (ม.ป.ท.)

กองบรรณาธิการ**. 51 เรื่องน่ารู้เทคนิคไฟฟ้า ชุดที่ 2 “ระบบส่งกำลังไฟฟ้ากว่าจะมาเป็น 500 kV**”. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพ ฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน). 2544.

ชัด อินทะสี. **การส่งและจ่ายกำลังไฟฟ้า**. กรุงเทพ ฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน). 2540.

ชวลิต ดำรงรัตน์. **การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า เล่ม 1**. กรุงเทพ ฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน). 2541.

โตศักดิ์ ทัศนานุตริยะ. **การผลิตการส่งจ่ายไฟฟ้า**. กรุงเทพ ฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน). 2540.

บัณฑิต เอื้ออาภรณ์. **การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังเบื้องต้น**. กรุงเทพ ฯ : จุฬาลงการณ์มหาวิทยาลัย. 2547.

เฉลิมชัย เกยพุดซา. **โรงต้นกำลังไฟฟ้า รหัสวิชา 3104-2103**. นครราชสีมา : แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา. 2552.

มงคล ทองสงคราม. **การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า**. กรุงเทพ ฯ : รามาการพิมพ์. 2535.

วัฒนา ถาวร. **โรงต้นกำลังไฟฟ้า**. กรุงเทพ ฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2547.

อาทร ปทุมสูตร และซูซูมู คูวาฮารา. **การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำและการส่งไฟฟ้า**. กรุงเทพ ฯ : สมาคมส่งเสริมความรู้ด้านเทคนิคระหว่างประเทศ. 2515.

สุวพันธ์ นิลายน. **โรงไฟฟ้าพลังความร้อนกับสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพ ฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2548.

แบบฝึกหัด
บทที่ 1 เรื่องความรู้ระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า

1. จงบอกหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับกิจการไฟฟ้าในประเทศไทยและแต่ล่ะหน่วยงานมีบทบาทและหน้าที่อย่างไรบ้าง ? (5 คะแนน)

.....

.....

2. จงอธิบายความหมายของ Transmission และ Distribution ความหมายแตกต่างกันอย่างไร? (5 คะแนน)

.....

.....

3. จงอธิบายหลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ ? (5 คะแนน)

.....

.....

4. จงบอกข้อดีและข้อเสียสายส่งระบบฝังใต้ดิน(underground cable system)?(5 คะแนน)

.....

.....

5. จงเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวงจรระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า ระบบเรเดียล ระบบลูป และระบบเน็ตเวิร์ก ? (5 คะแนน)

.....

.....

แบบทดสอบหลังเรียน
บทที่ 1 เรื่องความรู้ระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า

คำชี้แจง

1. จงทำเครื่องหมาย (×) ข้อที่ถูกต้อง
2. แบบทดสอบหลังเรียนมีจำนวน 15 ข้อ
3. ระยะเวลาทำแบบทดสอบหลังเรียนเวลา 20 นาที
4. แบบทดสอบหลังเรียนมีคะแนนเต็ม 15 คะแนน

****

1. การใช้พลังงานไฟฟ้าครั้งแรกในประเทศไทยได้จ่ายไฟฟ้าให้กับสถานที่ใด ?

ก. พระบรมมหาราชวังที่นั่งจักรีมหาปราสาท

ข. พระราชวังไกลกังวล

ค. พระบรมมหาราชวังดุสิตมหาปราสาท

ง. พระราชวังบางปะอิน

2. หน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการส่งและจ่ายไฟฟ้าคือข้อใด ?

ก. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ข. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การไฟฟ้านครหลวง

ค. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การไฟฟ้านครหลวง

ง. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศ การไฟฟ้านครหลวง

3. ข้อใดคือระบบจำหน่ายแรงสูงของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ?

ก. 11 kV และ22 kV ข. 12 kV และ24 kV

ค. 22 kV และ24 kV ง. 11 kV และ24 kV

4. ข้อใดไม่ใช่แรงดันไฟฟ้าที่ใช้กับระบบการส่งและจ่ายไฟฟ้าการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ?

ก. 33 kV ข. 115 kV

ค. 230 kV ง. 500 kV

5. ประเทศใดที่ใช้ระดับแรงดันไฟฟ้าและความถี่มาตรฐานตรงกับประเทศไทย ?

ก. ญี่ปุ่น ข. สหรัฐอเมริกา

ค. อิหร่าน ง. อังกฤษ

6. ข้อใดคือสิ่งสำคัญที่สุดในการเชื่องโยงระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า ?

ก. ประหยัดพลังงาน ข. ให้ระบบการส่งและจ่ายไฟฟ้าใหญ่ขึ้น

ค. การหยุดเดินเครื่องบางเวลา ง. ความมั่นคงและเชื่อถือได้

7. โรงไฟฟ้าแบบใดที่เหมาะสำหรับการจ่ายโหลดเป็นโหลดฐาน ?

ก. โรงไฟฟ้าพลังน้ำ ข. โรงไฟฟ้าพลังความร้อน

ค. โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม ง. โรงไฟฟ้าพลังกังหันก๊าซ

8. โรงไฟฟ้าแบบใดเหมาะสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงสุดและกรณีฉุกเฉิน ?

ก. โรงไฟฟ้าพลังน้ำ ข. โรงไฟฟ้าความร้อนกังหันไอน้ำ

ค. โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม ง. โรงไฟฟ้าพลังกังหันก๊าซ

9. จุดประสงค์การเลือกระดับแรงดันไฟฟ้าสัมพันธ์กับระยะทางที่ส่งและจ่ายไฟฟ้าคือข้อใด ?

ก. ความปลอดภัย ข. ประหยัดค่าใช้จ่าย

ค. ลดการสูญเสียในสายส่ง ง. ป้องกันการเกิดโคโรน่า

10. ระบบจำหน่ายแรงสูง 11 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)ใช้จำหน่ายเขตพื้นที่จังหวัดใด ?

ก. เชียงใหม่ ข. นครราชสีมา

ค.นครศรีธรรมราช ง. ขอนแก่น

11. ข้อใดคือข้อดีของวงจรระบบส่งและจ่ายพลังไฟฟ้าระบบเรเดียล ?

ก. ความเชื่อถือได้สูงที่สุด ข. การสูญเสียในสายไฟฟ้าน้อย

ค. ประหยัดค่าใช้จ่าย ง. น่าเชื่อถือเมื่อเกิดเบรกเกอร์ฟอลต์

12. ข้อใดคือข้อดีของวงจรระบบส่งและจ่ายพลังไฟฟ้าระบบเน็ตเวิร์ก ?

ก. ความเชื่อถือได้สูงที่สุด ข. การสูญเสียในสายไฟฟ้าน้อย

ค. ประหยัดค่าใช้จ่าย ง. น่าเชื่อถือเมื่อเกิดเบรกเกอร์ฟอลต์

13.ข้อใดไม่ใช่ข้อที่สำคัญที่สุดของระบบการส่งและจ่ายไฟฟ้า

ก. ความเชื่อถือ ข. ความมั่นคง

ข. เสถียรภาพ ง. ความยืดหยุ่น

14. ข้อใดคือความหมายของ average load ข้อใด ?

ก. โหลดเฉลี่ย ข. โหลดติดตั้ง

ค. โหลดช่วงฐาน ง. โหลดกราฟ

15. โหลดประเภทใดที่มีมอเตอร์ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ ?

ก. โหลดที่พักอาศัย ข. โหลดธุรกิจการค้า

ค. โหลดหน่วยงานเทศบาล ง. โหลดเหมืองแร่