บทที่ 3
หลักการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน

ในบทนี้จะนำเสนอแนวคิดและหลักการวิเคราะห์ลักษณะพลังงานหมุนเวียนต่อการผลิตไฟฟ้า เพื่อคำนวณหากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงเวลาใดๆ โดยจะแสดงขั้นตอนการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียนสี่ประเภท คือ พลังลม พลังแสงอาทิตย์ พลังน้ำ และพลังชีวมวล จากนั้นจึงจะนำหลักการดังกล่าวไปใช้ต่อในบทถัดไป ทั้งนี้การวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าของพลังงานแต่ละชนิด จะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลพื้นฐานที่บันทึกไว้ และความเหมาะสมในการใช้หลักการวิเคราะห์ต่างๆ

3.1 พลังงานลม

พลังงานลมเป็นพลังงานตามธรรมชาติที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ความกดดันของบรรยากาศและแรงจากการหมุนของโลก สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเร็วลมและกำลังลม ซึ่งปัจจุบันมีการนำพลังงานลมมาใช้ประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากพลังงานลมมีอยู่โดยทั่วไป ไม่ต้องซื้อหา เป็นพลังงานที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสภาพแวดล้อม และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่รู้จักหมดสิ้น แต่ในประเทศไทยบางพื้นที่ยังมีปัญหาในการวิจัยและพัฒนาเอาพลังงานลมมาใช้งานเนื่องจากปริมาณของลมไม่สม่ำเสมอตลอดปี แต่ยังคงมีบางพื้นที่ที่สามารถนำเอาพลังงานลมมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ เช่น พื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเล เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์ที่ช่วยในการเปลี่ยนจากพลังงานลมออกมาเป็นพลังงานในรูปอื่นๆ เช่น พลังงานไฟฟ้า หรือ พลังงานกล ได้แก่ กังหันลม เป็นต้น

3.1.1 เทคโนโลยีกังหันลม

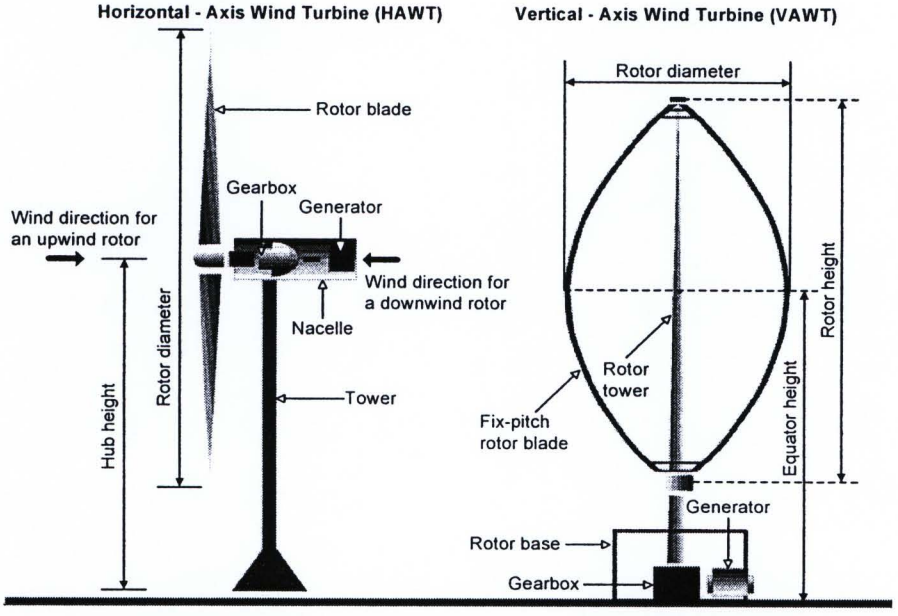
กังหันลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมที่อยู่ในรูปของพลังงานจลน์ไปเป็นพลังงานกลโดยการหมุนของใบพัด แรงจากการหมุนของใบพัดนี้จะถูกส่งผ่านแกนหมุนทำให้เฟืองเกียร์ที่ติดอยู่กับแกนหมุนเกิดการหมุนตามไปด้วย พลังงานกลที่ได้จะไปขับเคลื่อนให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงาน ด้วยหลักการนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาได้ กังหันลมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท [10] คือ

1) กังหันลมที่มีแกนเพลาอยู่ในแนวนอน (Horizontal–axis type wind turbine, HAWT)

เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนวางตัวอยู่ในทิศขนานกับทิศทางของลม โดยมีใบเป็นตัวตั้งฉากรับแรงลม กังหันลมประเภทนี้ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีการนำมาใช้งานมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานสูงแต่ต้องติดตั้งบนเสาที่มีความสูงมาก และมีชุดควบคุมให้กังหันลมหันหน้าเข้ารับแรงลมได้ทุกทิศทางในแนวนอนตลอดเวลา แสดงดังรูปที่ 3.1

2) กังหันลมที่มีแกนเพลาอยู่ในแนวตั้ง (Vertical-axis type wind turbine, VAWT)

เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนตั้งฉากกับทิศทางของลม ซึ่งสามารถรับลมได้ทุกทิศทางและติดตั้งอยู่ในระดับต่ำได้ กังหันลมแบบนี้ที่รู้จักกันดี คือ กังหันลมแบบ Darrieus ข้อดีของกังหันลมแกนตั้งคือ สามารถรับลมได้ทุกทิศทาง ชุดปรับความเร็ว (gear box) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถติดตั้งอยู่ที่ระดับพื้นล่างได้ นอกจากนี้ตัวเสาของกังหันลมยังไม่สูงมากนัก แต่มีข้อเสียคือประสิทธิภาพต่ำเมื่อเทียบกับกังหันลมที่มีแกนเพลาแบบแกนนอน ดังนั้นจึงมีการใช้งานอยู่น้อย แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบแกนนอนและแบบแกนตั้ง

3.1.2 การกระจายข้อมูลแบบไวบูลล์

จากการตรวจสอบการกระจายตัวของความเร็วลม พบว่ามักมีลักษณะการกระจายแบบไวบูลล์ (Weibull distribution) ซึ่งสามารถแสดงในรูปของฟังก์ชันความหนาแน่นของการกระจาย (Probability density function) หรือแทนความน่าจะเป็นของความเร็วลมแต่ละช่วง 1 m/s ได้ดังนี้ [10,11]

$$f(u) = \frac{k}{A}\left(\frac{u}{A}\right)^{k-1} \exp\left\{-\left(\frac{u}{A}\right)^{k}\right\} \tag{3.1}$$

และเขียนในรูปของฟังก์ชันความหนาแน่นสะสม (Cumulative density function) ได้ดังนี้

$$f(u) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{u}{A}\right)^{k}\right\} \tag{3.2}$$

โดยที่

u คือ ความเร็วเฉลี่ย (m/s), u > 1

k คือ Weibull's shape parameter, k > 0

A คือ Weibull's scale parameter, A > 1

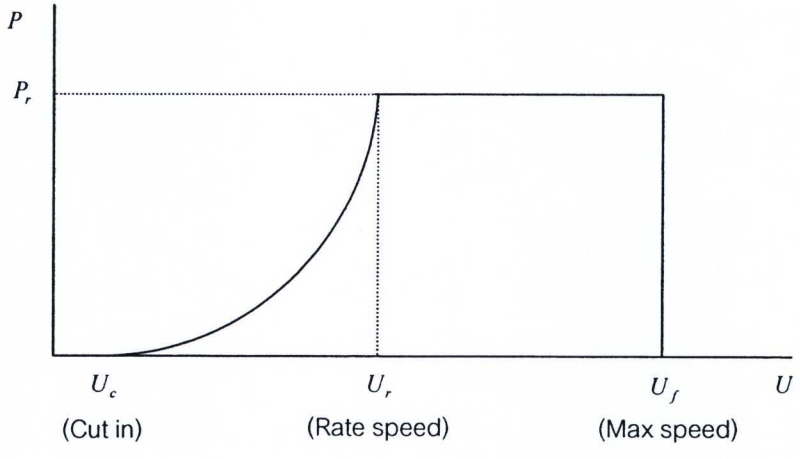
ในวิทยานิพนธ์นี้จะกำหนดพารามิเตอร์ k เป็นค่าคงที่เท่ากับ 2 และพารามิเตอร์ A ตามสมการที่ 3.3

$$A = \frac{u}{\Gamma(1+1/k)} \tag{3.3}$$

โดยที่ $\Gamma(x) = Gamma \quad function = \int_0^\infty e^{-t} t^{x-1} dt$

3.1.3 ช่วงการทำงานของกังหันลม

โดยทั่วไปกังหันลมจะเริ่มผลิตกำลังไฟฟ้าได้ที่ความเร็ว U_c ประมาณ 3 - 5 m/s และจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วลมจนกระทั่งถึงค่ากำลังพิกัด (P_r) ที่ความเร็ว U_r หลังจากจุดนี้กังหันจะถูกควบคุมโดยใช้มุมหรือการบิดของใบพัด เพื่อผลิตกำลังงานพิกัดได้ที่ความเร็วลมสูงสุด (U_f) ถ้าลมมีความเร็วมากกว่าจุดนี้ (U_f) ใบพัดจะเก็บลงและหยุดเดินเครื่องเพื่อความปลอดภัย ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและกำลังผลิตไฟฟ้า [10,11] แสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและกำลังผลิตไฟฟ้า

3.1.4 ขั้นตอนการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานลม

ในวิทยานิพนธ์นี้จะวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมจากการประมาณค่าการกระจายข้อมูลความเร็วลมแบบไวบูลล์ จากนั้นนำไปแปลงค่าเป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของ

พลังลม โดยใช้กราฟกำลังไฟฟ้าขาออกของกังหันลม Nordtank ขนาด 150 kW ซึ่งสามารถแสดงขั้นตอนการคำนวณข้อมูลพลังงานลมได้ดังนี้

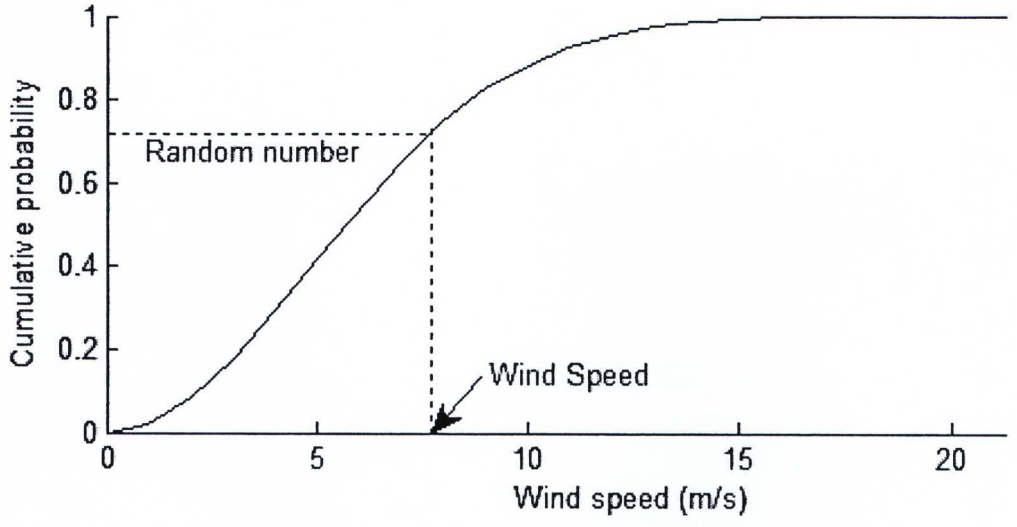
ขั้นตอนที่ 1 รวบรวมข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนที่บันทึกไว้ สุ่มตัวเลข และคำนวณฟังก์ชันความหนาแน่นสะสมสำหรับความเร็วลมเฉลี่ยของเดือนที่พิจารณา โดยพิจารณาช่วงเวลาทุกๆ 1 ชั่วโมง เช่น เดือนที่พิจารณามี 30 วัน และค่าความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 6.03 m/s ดังนั้นจะต้องสุ่มตัวเลขจำนวน 720 ค่า และใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 6.03 m/s ในการคำนวณฟังก์ชันความหนาแน่นสะสมของการกระจายแบบไวบูลล์ในสมการที่ 3.2 โดยกำหนด k เป็นค่าคงที่เท่ากับ 2 และ A ตามสมการที่ 3.3

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณการสุ่มค่าความเร็วลมรายชั่วโมง โดยเปรียบเทียบระหว่างตัวเลขสุ่มแต่ละค่าและความน่าจะเป็นสะสมของการกระจายแบบไวบูลล์ ที่ความเร็วลมเฉลี่ยที่พิจารณาแสดงดังรูปที่ 3.3

ขั้นตอนที่ 3 แปลงค่าการสุ่มความเร็วลมเป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของพลังลม โดยเปรียบเทียบระหว่างความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมงและกราฟกำลังไฟฟ้าขาออกของกังหันลม Nordtank ขนาด 150 kW แสดงดังรูปที่ 3.4 จะได้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 150 kW แสดงดังรูปที่ 3.5 หากต้องการพิจารณาเดือนอื่นให้กำหนดจำนวนตัวเลขสุ่มและความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนแล้วคำนวณตามขั้นตอนที่ 1-3

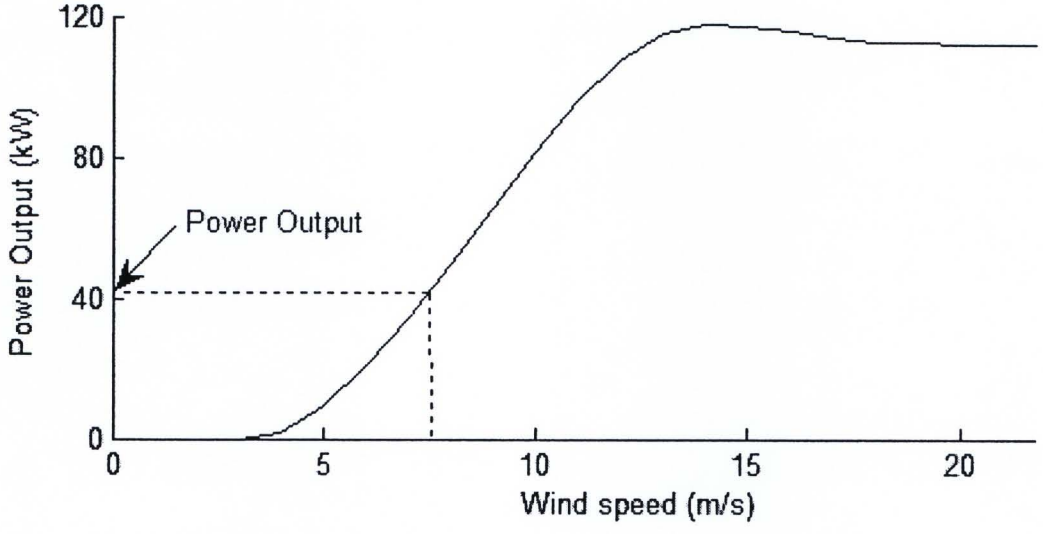
3.1.5 ตัวอย่างการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม

การคำนวณกำลังไฟฟ้าขาออกจากกังหันลมในวิทยานิพนธ์นี้จะเริ่มประมาณค่าความเร็วลมที่เวลาต่าง ๆ โดยอาศัยการสุ่มตัวเลขเทียบกับกราฟความหนาแน่นสะสมในสมการที่ 3.2 ผลจากการสุ่มความเร็วลมทั้งหมดจะทำให้มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ที่จะติดตั้งกังหันลมใกล้เคียงกับค่าที่ทราบจากการตรวจวัดในเบื้องต้น ตัวอย่างการสุ่มค่าความเร็วลมได้นำแสดงในรูปที่ 3.3



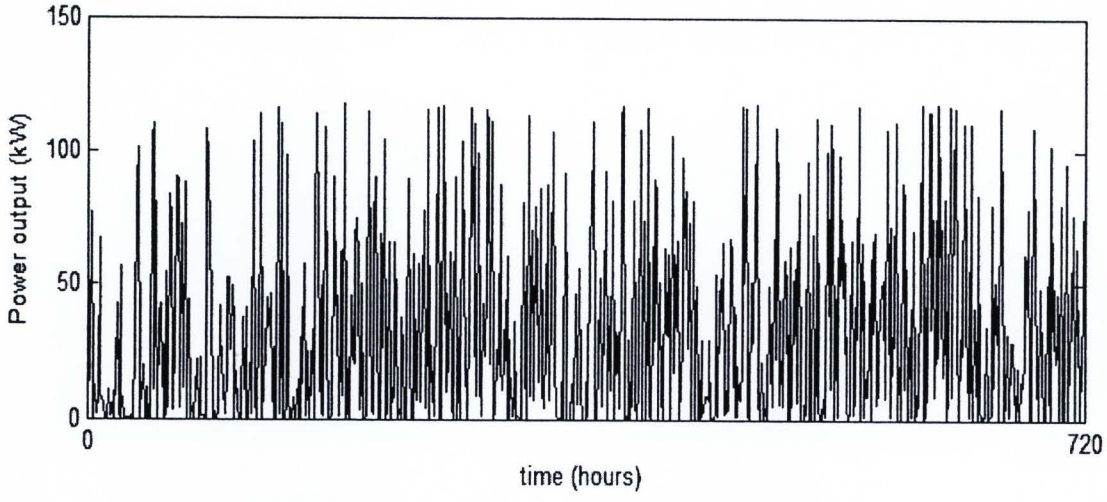
รูปที่ 3.3 การสุ่มค่าความเร็วลม

จากนั้นค่าความเร็วลมที่ได้จะใช้ในการหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตโดยใช้การเปรียบเทียบระหว่างความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมงและกราฟกำลังไฟฟ้าขาออกของกังหันลม Nordtank ขนาด 150 kW ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การแปลงความเร็วลมสู่กำลังผลิตไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าขาออกจากกังหันลม Nordtank ขนาด 150 kW ที่ได้จากการวิเคราะห์ แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลม Nordtank ขนาด 150 kW

จากรูปที่ 3.5 จะเห็นว่ากำลังไฟฟ้าที่กังหันลมสามารถผลิตได้ในแต่ละชั่วโมงมีค่าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับกำลังลมที่สามารถทำให้กังหันลมผลิตไฟฟ้าได้ แต่ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณซึ่งจะนำไปใช้เพื่อประเมินคุณค่า และผลกระทบต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้าในบทต่อไป อาจมีการคลาดเคลื่อนเพราะเป็นค่าจากการสุ่มตัวเลข ดังนั้นจึงต้องมีการเปรียบเทียบค่าจากการคำนวณกับข้อมูลที่ตรวจบันทึกไว้ เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ k ในการคำนวณให้สามารถคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าได้สอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำข้อมูลที่ตรวจบันทึกไว้จากสถานีแหลมพรหมเทพ ภูเก็ต ซึ่งเป็นข้อมูลผลรวมพลังงานที่กังหันลมสามารถผลิตได้ในแต่ละปีมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลพลังงานลมจากสถานีแหลมพรหมเทพ ภูเก็ตกับข้อมูลจากการทดสอบ

	พลังงานจากกังหันลม Nordtank ขนาด 150 kW							
	จากสถานีแหลมพรหมเทพ ภูเก็ต				จากการทดสอบ			
	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2551	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2551
พลังงาน (kWh)	239,926	190,926	163,140	169,626	218,300	191,183	167,880	170,440
Plant factor (%)	18	15	12	13	18.1	14.6	12.8	12.9

จากตารางที่ 3.1 จะเห็นว่าผลการเปรียบเทียบค่าพลังงาน และค่า Plant Factor ข้อมูลจากการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจริงจากสถานีแหลมพรหมเทพ ภูเก็ต ปี พ.ศ. 2548-2551 โดย Plant factor คำนวณจากพลังงานที่โรงไฟฟ้าผลิตได้จริงใน 1 ปี ดังนั้นหลักการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้นี้จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อประเมินคุณค่า และผลกระทบต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้าในบทต่อไปได้

3.2 พลังงานแสงอาทิตย์

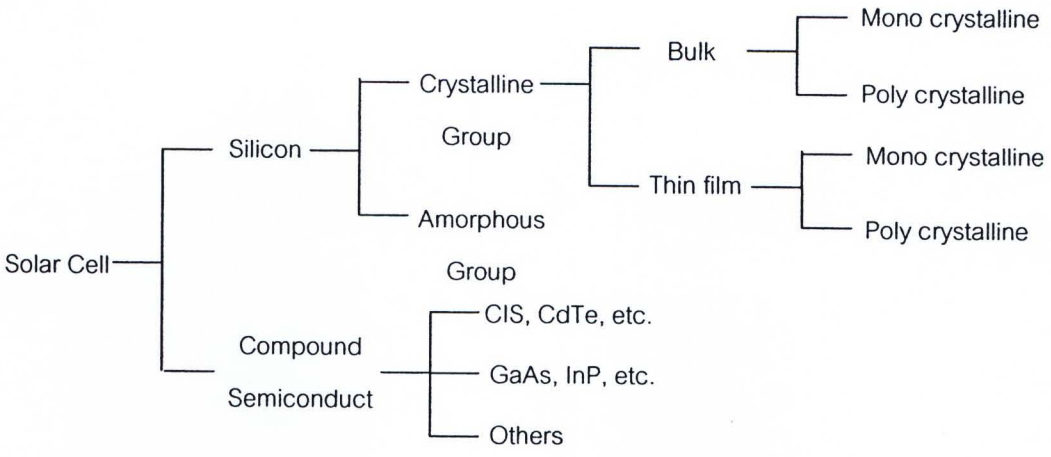
พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษ และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง ในปัจจุบันเทคโนโลยีพลังงานแสง อาทิตย์ได้รับการพัฒนาและแพร่หลายมากขึ้น อย่างไรก็ตามการนำอุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์เหล่านี้มาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องทราบศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของบริเวณที่จะใช้งานด้วย โดยทั่วไปศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่แห่งหนึ่งจะสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่นั้น โดยบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากก็จะมีศักยภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สูง

3.2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) หรือโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic, PV)

เซลล์แสงอาทิตย์ หรือโฟโตโวลตาอิกเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่ผิวไปเป็นพลังงานไฟฟ้า เซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องและเหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้ในปัจจุบันแบ่งเป็น 2 แบบ [12] คือ

1) กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน จะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น คือ แบบที่เป็น รูปผลึก (Crystal) และแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก (Amorphous) แบบที่เป็นรูปผลึก จะแบ่งออกเป็น2 ชนิด คือ ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Single Crystalline Silicon Solar Cell) และ ชนิดผลึกรวมซิลิคอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) แบบที่ไม่เป็นรูปผลึก คือ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell)

2) กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิคอน ซึ่งประเภทนี้จะเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25% ขึ้นไป แต่มีราคาสูงมาก ไม่นิยมนำมาใช้บนพื้นโลก จึงใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่ แต่การพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่จะทำให้มีราคาถูกลง และนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต ปัจจุบันนำมาใช้เพียง 7% ของปริมาณที่มีใช้ทั้งหมด



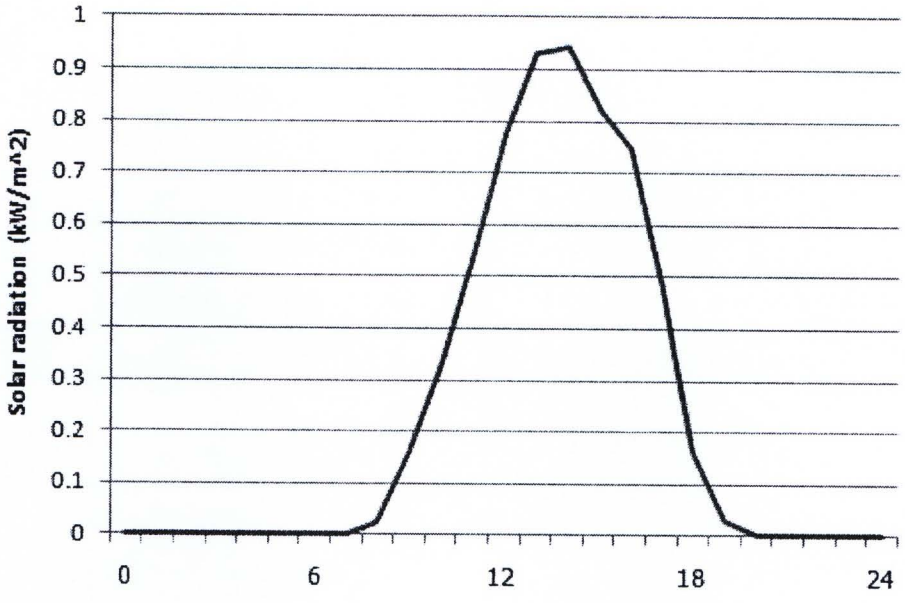
รูปที่ 3.6 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

ในการวิเคราะห์กำลังผลิตไฟฟ้าที่ได้จาก PV นั้น ข้อมูลที่สำคัญ คือ ข้อมูลความเข้มแสงที่ตกกระทบบน PV ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้ค่าความเข้มแสงอาทิตย์จากโปรแกรม HOMER สำหรับคำนวณค่ากำลังผลิตไฟฟ้าเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลต่อไป

3.2.2 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์

ข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้จะนำมาจากโปรแกรม HOMER เพื่อใช้ในการจำลองปริมาณแสงตกกระทบ โปรแกรมจะใช้ข้อมูลทางสถิติจากการเก็บข้อมูลโดยดาวเทียมทำให้สามารถประมาณค่าของความเข้มแสงอาทิตย์ได้ ซึ่งเมื่อทำการป้อนค่าพิกัดตำแหน่งที่ตั้งของประเทศไทย โปรแกรมดังกล่าวจะการจำลองค่าความเข้มแสงออกมาทุก ๆ ชั่วโมงเริ่มตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 ไปจนถึงชั่วโมงที่ 8760 (เป็นระยะเวลา 1 ปี)

ค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงตลอดทั้งปีที่ได้จากโปรแกรมนั้นอยู่ที่ประมาณ 0.20 kWh/m^2 โดยจะเริ่มมีความเข้มแสงอาทิตย์เมื่อเวลา 5.00-6.00 น. ในตอนเช้า และแสงจะหมดลงเมื่อเวลา 17.00-19.00 น. โดยในช่วง 19.00-4.00 น. จะเป็นช่วงเวลากลางคืน ไม่มีแสงอาทิตย์ ซึ่งผลที่ได้ไปจะนำไปทำการวิเคราะห์ปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าที่ PV สามารถจ่ายได้ [13]



รูปที่ 3.7 ความเข้มแสงอาทิตย์ในวันหนึ่งของปีโดยใช้ข้อมูลจากโปรแกรม HOMER

ในวิทยานิพนธ์นี้การหากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์หรือโฟโตโวลตาอิก จะต้องทราบค่าความเข้มแสงอาทิตย์ และกำลังการผลิตติดตั้งของเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อไป

โดยสามารถคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ใน 1 ชั่วโมง [12] ได้ดังสมการที่ 3.4

$$P_L = P_{cell}[Q \cdot A \cdot B \cdot C / D] \tag{3.4}$$

โดยที่

P_L คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ใน 1 ชั่วโมง (kW)

P_{cell} คือ กำลังผลิตติดตั้งของเซลล์แสงอาทิตย์หรือโฟโตโวลตาอิก

Q คือ ความเข้มแสงอาทิตย์ใน 1 ชั่วโมง (W/m^2)

A คือ ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์ ประมาณ 0.8

B คือ ค่าชดเชยการสูญเสียเชิงความร้อน ประมาณ 0.85

C คือ ประสิทธิภาพของ inverter ประมาณ 0.9

D คือ ความเข้มแสงปกติ (ค่ามาตรฐาน1000 W/m^2)

3.2.3 ขั้นตอนการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์

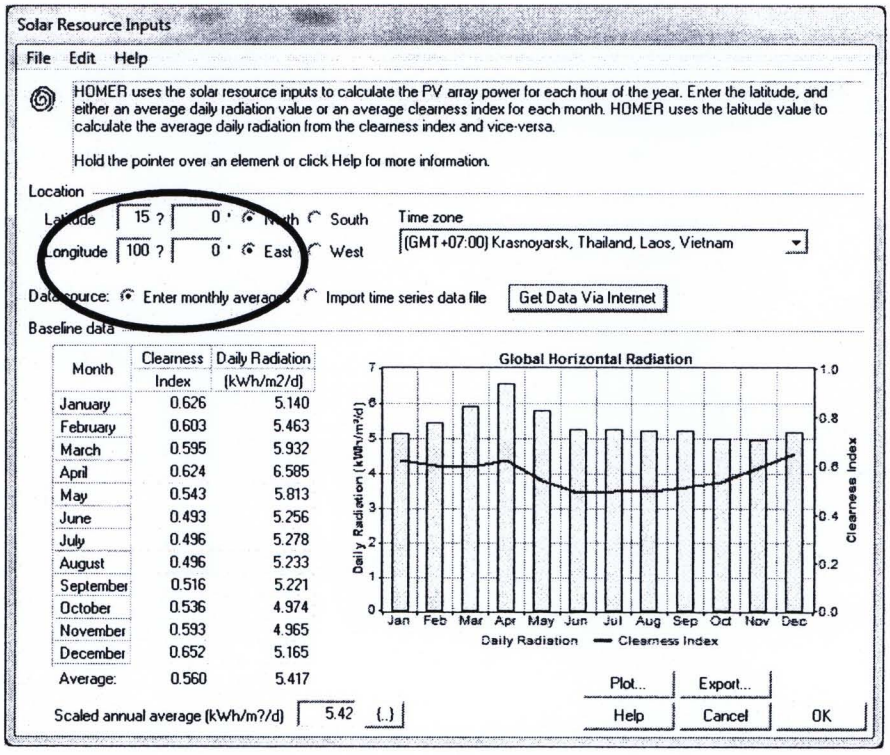
ในวิทยานิพนธ์นี้จะวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จากการจำลองค่าความเข้มแสงอาทิตย์บนโปรแกรม Homer จากนั้นนำไปคำนวณหากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ใน 1 ชั่วโมง ซึ่งสามารถแสดงขั้นตอนการคำนวณข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 รวบรวมข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม Homer โดยป้อนค่าพิกัดตำแหน่งที่ตั้งของประเทศไทย โปรแกรมดังกล่าวจะใช้ข้อมูลทางสถิติจากการเก็บข้อมูลของดาวเทียม เพื่อจำลองค่าความเข้มแสงออกมาทุก ๆ 1 ชั่วโมง แสดงตัวอย่างข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ดังรูปที่ 3.7

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของพลังงานแสงอาทิตย์ตามสมการที่ 3.4 โดยใช้ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 แทนค่าลงใน Q และกำหนดกำลังผลิตติดตั้งของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นค่าคงที่ เช่น เท่ากับ 1kW เป็นต้น เมื่อแทนค่าลงในสมการแล้วจะได้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 3.8

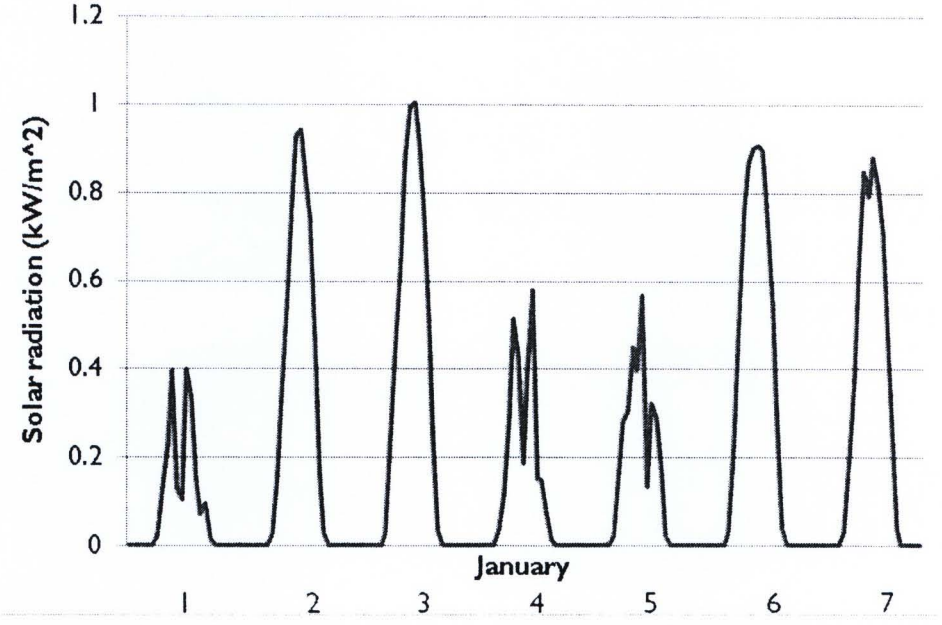
3.2.4 ตัวอย่างการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

การคำนวณกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในวิทยานิพนธ์นี้ จะวิเคราะห์จากการจำลองค่าความเข้มแสงอาทิตย์บนโปรแกรม Homer [13] โดยป้อนค่าพิกัดที่ตั้งของประเทศไทย แสดงดังรูปที่ 3.8



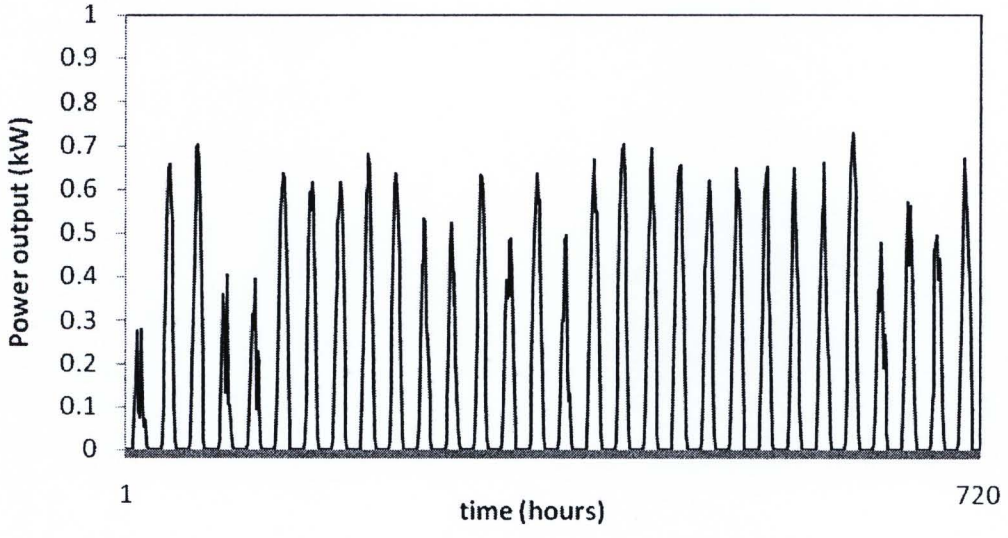
รูปที่ 3.8 การป้อนค่าพิกัดประเทศไทยบนโปรแกรม Homer

จากนั้นโปรแกรม Homer จะใช้ข้อมูลสถิติจากดาวเทียมที่บันทึกไว้ เพื่อจำลองค่าความเข้มแสงอาทิตย์ออกมา [13] แสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์จากการจำลองของโปรแกรม Homer

พิจารณาข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ที่ได้ในเดือนมกราคม จำนวน 720 ค่า สามารถนำมาคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ใน 1 ชั่วโมง ตามสมการที่ 3.4 โดยกำหนดให้เซลล์แสงอาทิตย์มีขนาด 1 kW แสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1kW

จากรูปที่ 3.10 จะเห็นว่ากำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ในแต่ละชั่วโมงมีค่าไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับค่าเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนเซลล์แสงอาทิตย์ แต่ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณซึ่งจะนำไปใช้เพื่อประเมินคุณค่า และผลกระทบต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้าในบทต่อไป อาจมีการคลาดเคลื่อนจากการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ในสมการที่ 3.4 ดังนั้นจึงต้องมีการเปรียบเทียบค่าจากการคำนวณกับข้อมูลที่ตรวจบันทึกไว้ เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าชดเชยในการสูญเสีย (A,B และ C) ในการคำนวณให้สามารถคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าได้สอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำข้อมูลที่ตรวจบันทึกไว้จากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เขื่อนสิรินธร ซึ่งเป็นข้อมูลผลรวมพลังงานที่โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์จากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เขื่อนสิรินธร ปี พ.ศ. 2550 กับข้อมูลจากการทดสอบ

	พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1,012 kW	
	จากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เขื่อนสิรินธร พ.ศ. 2550	จากการทดสอบ
พลังงาน (kWh)	1,426,433	1,413,284
Plant factor (%)	16.1	15.9

จากตารางที่ 3.2 จะเห็นว่าผลการเปรียบเทียบค่าพลังงาน และค่า Plant factor ข้อมูลจากการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจริงจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เขื่อนสิรินธร ปี พ.ศ. 2550 โดย Plant factor คำนวณจากพลังงานที่โรงไฟฟ้าผลิตได้จริงใน 1 ปี ดังนั้นหลักการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้นี้จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อประเมินคุณค่า และผลกระทบต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้าในบทต่อไปได้

3.3 พลังงานน้ำ

น้ำเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติและหมุนเวียนให้ใช้อย่างไม่มีวันหมด น้ำถือเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งมนุษย์ใช้ประโยชน์จากน้ำทั้งการบริโภคและอุปโภค นอกจากนี้ยังใช้น้ำเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตไฟฟ้าเพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงจากซากดึกดำบรรพ์ พลังงานที่ได้จากน้ำเป็นพลังงานสะอาดไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศจึงทำให้ทั่วโลกมีการส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า

3.3.1 โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ

โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำที่จะกล่าวถึงเป็นโรงไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเพื่อผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำจากแหล่งที่เป็นแหล่งธรรมชาติที่อยู่บนพื้นโลกทั่วไป เช่น ลำห้วย ลำธาร และเขื่อนต่างๆ ไม่รวมถึงโรงไฟฟ้าที่เกิดจากพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงหรือพลังงานคลื่น โดยสามารถแบ่งประเภทของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำออกเป็น 3 ประเภท [14] ดังนี้

1) โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ (Run of river) เป็นโรงไฟฟ้าที่สร้างขึ้นเพื่อผลิตไฟฟ้าโดยการบังคับทิศทางการไหลของน้ำ จากแหล่งน้ำเล็กๆ เช่น ลำห้วย ลำธาร หรือฝายต่างๆ ให้มารวมตัวกันและไหลผ่านท่อหรือรางน้ำที่จัดทำไว้ และใช้แรงดันของน้ำซึ่งตกจากตำแหน่งที่สูงมาหมุนกังหันซึ่งต่อกับแกนหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2) โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำ (Storage regulation development) เป็นโรงไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้า โดยการใช้พลังงานน้ำที่มีอยู่ซึ่งอาจเป็นแหล่งธรรมชาติหรือเกิดจากการสร้างขึ้นมาเองในลักษณะของเขื่อน ซึ่งน้ำที่มีอยู่ในอ่างหรือเขื่อนจะมีปริมาณมากพอที่จะถูกปล่อยออกมาเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ตลอดเวลา ในประเทศไทยโรงไฟฟ้าแบบนี้ถูกใช้เป็นหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพราะเป็นระบบที่มีความมั่นคงในการผลิตและจ่ายไฟสูง

3) โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำกลับ (Pumped storage plant) โรงไฟฟ้าแบบนี้ถูกสร้างบนพื้นฐานความคิดในการจัดการกระแสไฟฟ้าส่วนเกิน เพราะโดยปกติการใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางคืนที่ค่อนดึกไปแล้วจะมีการใช้ไฟฟ้าลดลงแต่กำลังการผลิตไฟฟ้ายังคงเท่าเดิม ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำกลับเป็นโรงไฟฟ้าที่มีอ่างเก็บน้ำสองส่วนคือ อ่างเก็บน้ำส่วนบน (Upper reservoir) และอ่างเก็บน้ำส่วนล่าง (Lower reservoir) น้ำจะถูกปล่อยจากอ่างเก็บน้ำส่วนบนลงมาเพื่อหมุนกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อต้องการผลิตไฟฟ้า และในช่วงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำหรือน้อยลง จะใช้ไฟฟ้าที่เหลือจ่ายให้กับปั๊มน้ำขนาดใหญ่ที่ติดตั้งอยู่ในอ่างเก็บน้ำส่วนล่าง เพื่อสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำส่วนล่างนี้กลับขึ้นไปเก็บไว้ที่อ่างเก็บน้ำส่วนบนเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าต่อไป

3.3.2 ขั้นตอนการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานน้ำ

ในวิทยานิพนธ์นี้จะวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำจากการนำกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำไปหักออกจากความต้องการใช้ไฟฟ้าเดิมของระบบ โดยพิจารณาให้หักออกไม่เกินค่าพลังงานที่ผลิตได้ในแต่ละสัปดาห์ เพื่อหาช่วงเวลาในการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้หลักการนี้ในการวิเคราะห์ แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีแหล่งพลังงานจำนวนมากและสามารถทำงานได้หลายวัน เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำที่มีเขื่อนขนาดใหญ่

2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีแหล่งพลังงานจำกัดแต่พอเพียงสำหรับ 1 วัน

3) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีแหล่งพลังงานจำกัดหรือมีแต่ไม่เพียงพอสำหรับจ่ายในวันต่อไป เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำที่ไม่มีเขื่อน (run-of-river hydro facilities)

เราสามารถแสดงขั้นตอนการคำนวณข้อมูลพลังงานน้ำได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 รวบรวมข้อมูลพลังงานที่ผลิตได้ทั้งหมดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำที่บันทึกไว้

ขั้นตอนที่ 2 สร้างแบบจำลองโหลดรายชั่วโมงที่จะใช้ในการพิจารณา

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดค่ากำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ และกระจายค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในเวลา 1 ปี (1 ปีเท่ากับ 52 สัปดาห์) โดยกำหนดให้แต่ละสัปดาห์มีการกระจายค่าพลังงานที่ผลิตได้ออกมาเท่ากันทุกๆ สัปดาห์

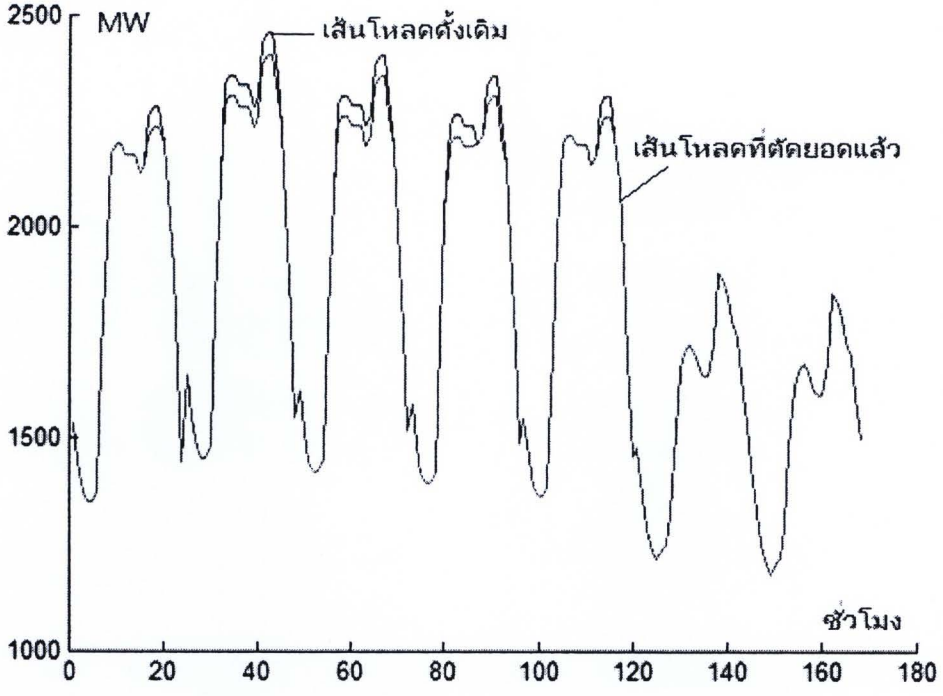
ขั้นตอนที่ 4 นำค่ากำลังการผลิตในขั้นตอนที่ 3 ไปหักออกจากโหลดรายชั่วโมงเดิม ซึ่งพิจารณาให้โหลดที่มีค่ามากถูกหักออกก่อน เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย โดยมีเงื่อนไขว่าผลรวมของพลังงานที่ถูกหักออกจะต้องไม่เกินค่าการกระจายพลังงานในแต่ละสัปดาห์ แสดงได้ดังรูปที่ 3.11

ขั้นตอนที่ 5 ช่วงเวลาที่ถูกหักออกจะเป็นช่วงเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตกำลังไฟฟ้าออกมา แสดงดังรูปที่ 3.12

3.3.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ

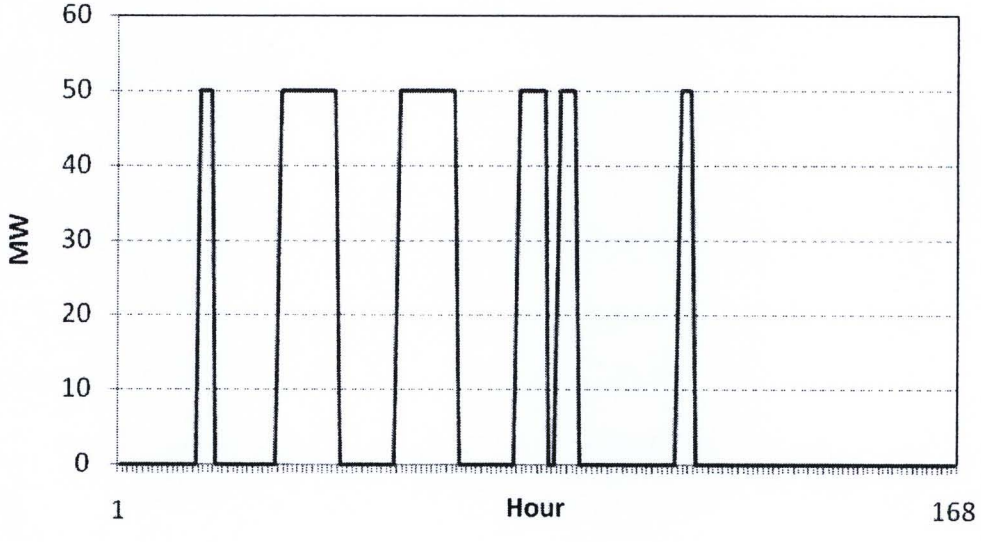
การวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ จะนำค่าพลังงานที่ผลิตได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำมาเฉลี่ยค่าพลังงานต่อเวลา 52 สัปดาห์ โดยกำหนดให้พลังงานที่ผลิตได้ทั้งหมดเท่ากับ 104,000 MWh ดังนั้น พลังงานที่ผลิตได้ในแต่ละสัปดาห์เท่ากับ 2,000 MWh

กำหนดให้กำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำเท่ากับ 50 MW จากนั้นนำค่ากำลังการผลิตขนาด 50 MW มาหักออกจากโหลดทีละชั่วโมง กำหนดให้โหลดรายชั่วโมงที่มีค่ามากกว่าจะถูกหักออกไปก่อนเรียงตามลำดับจากมากไปน้อย มีเงื่อนไขว่าผลรวมพลังงานที่ถูกหักออกต้องไม่เกิน 2,000 MWh แสดงได้ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ผลจากการตัดยอดโหลดของสัปดาห์ที่ 1

จากรูปที่ 3.11 พื้นที่ระหว่างเส้นโหลดดั้งเดิมกับเส้นโหลดที่ถูกตัดยอดแล้ว เป็นพื้นที่ที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ในช่วงเวลาใดๆ ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงช่วงเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำผลิตกำลังไฟฟ้าออกมา ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ

3.4 พลังงานจากชีวมวล

ชีวมวล (Biomass) คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานได้ ได้แก่ เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือกากจากการกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น แกลบ ชานอ้อย เศษไม้ เป็นต้น เมื่อนำชีวมวลมาเผาไหม้ จะเกิดพลังงานความร้อน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ชีวมวลมีอยู่ทั่วไปในประเทศไทย จึงนับเป็นแหล่งเชื้อเพลิงราคาถูก การนำชีวมวลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะช่วยลดอัตราการนำเข้าเชื้อเพลิงชนิดอื่นและสร้างรายได้ให้คนในท้องถิ่น นอกจากนี้ การผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะไม่ก่อให้เกิดมลภาวะและไม่สร้างสภาวะเรือนกระจก เนื่องจากการปลูกทดแทนทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดการหมุนเวียนและไม่มีการปลดปล่อยเพิ่มเติม การพัฒนาโครงการเกี่ยวกับชีวมวลจะสามารถเสริมสร้างความเข้มแข็งและการมีส่วนร่วมของชุมชนได้อีกด้วย

3.4.1 เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล

ชีวมวลจะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะการเผาไหม้เชื้อเพลิงได้ 2 ประเภท [1] ดังนี้

1) การเผาไหม้โดยตรง (Direct combustion)

สำหรับกระบวนการนี้ พลังงานที่ถูกเก็บสะสมอยู่ในชีวมวล จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนภายในหม้อน้ำ ซึ่งค่าความร้อนที่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวล พลังงานความร้อนที่ได้จะถูกนำไปต้มน้ำให้เป็นไอน้ำ เพื่อนำไปใช้หมุนกังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ชีวมวลที่เหมาะกับการเปาไหม้โดยตรงเพื่อผลิตกนะแสไฟฟ้า ได้แก่ เศษวัสดุทางการเกษตรและเศษไม้ เป็นต้น

2) กระบวนการเคมีความร้อน (Thermochemical conversion)

เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงสถานะให้เป็นก๊าซ โดยกระบวนการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เพื่อผลิตก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจนที่สามารถนำไปใช้กับกังหันแก๊สเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ชีวมวลที่สามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงได้ต้องมีขนาดที่เหมาะสม สม่ำเสมอ และความชื้นไม่เกินร้อยละ 20 เช่น แกลบ เศษไม้ที่ย่อยแล้ว กะลาปาล์ม และซังข้าวโพด เป็นต้น

3.4.2 ขั้นตอนการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานชีวมวล

ในวิทยานิพนธ์นี้จะพิจารณาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลเป็นแบบโหลดฐาน คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเดินเครื่องตลอดเวลาและผลิตกำลังไฟฟ้าคงที่ทุกช่วงเวลาใดๆ โดยเฉลี่ยค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงเวลาใดๆ จากค่าตัวประกอบโรงไฟฟ้า (Plant Factor) โดย Plant Factor ที่นำมาใช้ในการคำนวณนี้มาจากการคำนวณจากพลังงานที่โรงไฟฟ้าผลิตได้จริงใน 1 ปี

ตัวประกอบโรงไฟฟ้า (Plant Factor) หมายถึง สัดส่วนระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจริงของโรงไฟฟ้าในช่วงเวลาที่สนใจ ต่อพลังงานที่ควรผลิตได้หากโรงไฟฟ้าทำการผลิตที่ค่าพิกัด

$$\text{Plant Factor} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจริง}}{\text{ขนาดกำลังพิกัดของโรงไฟฟ้า x ระยะเวลาเดินเครื่อง}} \quad (3.5)$$

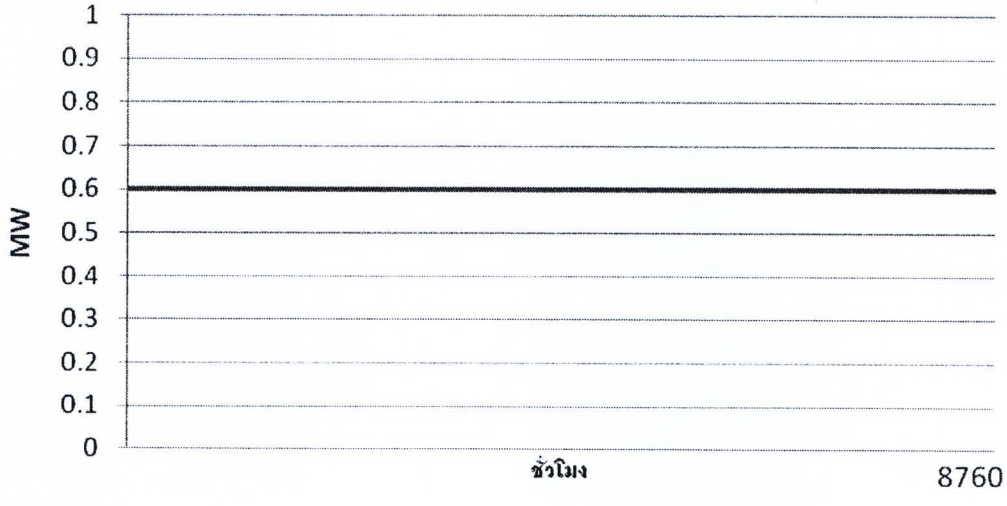
จากหลักการคำนวณดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้นสามารถแสดงขั้นตอนการคำนวณข้อมูลพลังงานชีวมวลได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 รวบรวมข้อมูลค่าตัวประกอบโรงไฟฟ้า (Plant factor) และขนาดกำลังพิกัดของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่บันทึกไว้

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากสมการที่ 3.5 จากนั้นเฉลี่ยค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้เพื่อหาค่ากำลังผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลาใดๆ แสดงดังรูปที่ 3.13

3.4.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล

การวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลมาจากการเฉลี่ยค่า Plant Factor กำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานชีวมวลขนาด 1 MW มีค่า Plant Factor เท่ากับ 60% จากสมการที่ 3.5 เราสามารถคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 0.6 MWh ดังนั้นในเวลา 1 ชั่วโมง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานชีวมวลมีกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เท่ากับ 0.6 MW แสดงดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานชีวมวล

3.5 สรุป

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดและหลักการวิเคราะห์ลักษณะพลังงานหมุนเวียนต่อการผลิตไฟฟ้า ซึ่งพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภทจะมีลักษณะการวิเคราะห์แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการตรวจวัดหรือบันทึกไว้ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงเวลาใดๆ จะนำมาใช้ในการประเมินคุณค่า และผลกระทบต่อความเชื่อถือได้ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าต่อไป