บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

ในปัจจุบัน การที่คิดจะลงทุนทำโครงการใดนั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาหาข้อมูลให้ถูกต้องและแน่นอนก่อนที่จะดำเนินโครงการนั้น เพื่อที่จะได้ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์มากที่สุดและคุ้มค่ากับการลงทุน ดังนั้นการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการนับว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากเพื่อที่จะนำมาใช้ประกอบกับการวางแผนโครงการ อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่จะช่วยให้การตัดสินใจของผู้ลงทุนง่ายขึ้น นอกจากนี้ผู้ลงทุนยังสามารถมองเห็นได้ว่าโครงการที่คิดจะทำนั้นมีแนวโน้มเป็นอย่างไรในอนาคตและให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าหรือไม่กับการลงทุน

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการมีวัตถุประสงค์สำคัญพอสรุปได้ดังนี้

1. เพื่อรายงานผู้ตัดสินใจถึงลักษณะสำคัญ (Characteristics) ของโครงการ ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ตอบแทนจากโครงการ หากจะทำการตัดสินใจลงทุนหรือดำเนินงานตามโครงการ
2. เพื่อจัดหาสิ่งที่ต้องการ (Requirements) ทั่วๆไปของโครงการ โดยระบุรายละเอียดในรูปของการรายงานอย่างเป็นทางการ เช่น วัสดุที่ใช้ ราคาของวัสดุ ปัญหาต่างๆที่อาจเกิดขึ้นตลอดจนเกณฑ์สำคัญในการประมาณผลสำเร็จโครงการ เป็นต้น

2.2 พลังงานลม (Wind Energy)

พลังงานลม คือ พลังงานจลน์ชนิดหนึ่งเกิดจากการที่อากาศเคลื่อนที่ที่เรียกว่า กระแสลม เมื่อนำกระแสลมมาพัดผ่านใบกังหัน จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานจลน์ไปสู่ใบกังหันทำให้กังหันหมุนรอบแกนซึ่งสามารถนำพลังงานจากการหมุนของกังหันนี้ถ่ายทอดต่อไปใช้งานได้ เช่น หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (http://www.polytechnic.ac.th/school/electrical/power%20plant.htm)

ทฤษฎีการเกิดลมและการเคลื่อนที่ของลม

การเกิดกระแสลมเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยในเวลากลางวันดวงอาทิตย์ส่งพลังงานความร้อนมายังพื้นดิน เมื่อพื้นดินมีการคายตัวเกิดความกดอากาศขึ้น และความกดอากาศความแตกต่างของอากาศทำให้ลมเคลื่อนที่

(นายสมชาย ภูพงศ์ไพบูลย์, 2544. หน้า 5)การเกิดลมและการเคลื่อนที่ของลมเป็นผลมาจากความแตกต่างของความกดอากาศซึ่งสามารถอธิบายได้โดยทฤษฎีทางฟิสิกส์ นอกจากนี้ยังเกี่ยวกับความทรงตัวของสภาพอากาศ ความแตกต่างของอุณหภูมิ สิ่งกีดขวางและสภาพความขรุขระของพื้นผิวฯลฯ โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.2.1 ความสัมพันธ์ของลมกับความกดอากาศ

2.2.1.1. กลศาสตร์ของการเคลื่อนที่ของลม

ความแตกต่างของความดันทำให้เกิดแรงที่ผลักให้อากาศเคลื่อนที่จากความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำ ลมสามารถเคลื่อนที่ทั้งแนวดิ่งและแนวนอนแต่มักจะเคลื่อนที่ในแนวนอนมากกว่า หากให้ P คือความดันในแนวนอนที่อัดอากาศอยู่ด้านหนึ่ง (หน่วย N/m^2)และ $P+\Delta P$ คือความดันที่อัดอากาศอยู่ด้านหนึ่ง แรงที่ผลักดันให้อากาศเคลื่อนไหวคือ ΔP โดยสามารถเขียนสากการกลศาสตร์ของการเคลื่อนที่ของลมในแนวนอนได้ดังนี้คือ

$$F_x = \frac{-(1)(\Delta P)}{\rho\ \Delta x} \qquad (2.1)$$

โดยที่ F_x คือแรงต่อหน่วยที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ (Pressure Gradient Force), N/kg

Δx คือระยะทางเคลื่อนที่ในแนวนอน, m

ρ คือความหนาแน่นของอากาศ, kg/m

ยกตัวอย่างจากแผนที่พยากรณ์อากาศพบว่า เกิดความแตกต่างของความกดอากาศของอากาศสองตำแหน่งเท่ากับ 800 N/m^2 (8 mb) อากาศทั้งสองแห่งอยู่ในละติจูดเดียวกันแต่ห่างกัน 700 กม. ถ้ากำหนดให้ความหนาแน่นของอากาศเท่ากับ 1.225 kg/m^3 จากสมการที่2.1 สามารถหาแรงที่กระทำเป็นแนวตั้งฉากกับเส้นความกดอากาศเท่า(Isobar)ได้เท่ากับ $F_x = 0.993\times10^{-3}$ N/kg และจากกฎข้อที่สองของนิวตัน อากาศจะมีอัตราเร่งเท่ากับ0.993×10^{-3} m/s^2 ถ้าอากาศเคลื่อนที่ใน 1 วัน (8.64×10^{-4} วินาที)จะเกิดความเร็วลมเท่ากับ 80.6 m/s นั่นคือแรงกดอากาศลดลง 8 mb ใน 1 วัน จะเกิดความเร็วลมที่อากาศชั้นบนเท่ากับ 80.6 m/s

สำหรับสมการกลศาสตร์ของการเคลื่อนที่ของลมในแนวดิ่งสามารถเขียนได้ดังนี้คือ

$$\Delta P_z = - \rho g \Delta z \qquad (2.2)$$

โดยที่ P คือความดันที่เกิดจากมวลอากาศ

Δz คือระยะทางเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง

g คือค่าคงที่แรงโน้มถ่วงโลก

การเคลื่อนที่ของลมในแนวดิ่งจะถูกต้านและจะทำให้สมดุลโดยแรงโน้มถ่วงเสมอ ยกเว้นลมที่ผิวพื้นจะมีความสัมพันธ์กับระดับความสูงของภูมิประเทศ (Topography) ซึ่งลมจะไม่มีสภาพสมดุลและเคลื่อนที่ในแนวดิ่งตามอิทธิพลความคงตัวของความร้อน (Thermal Stability)

2.2.1.2. GEOSTROPHIC WIND

ลมจะถูกต้านทานจากแรงอื่นๆเพื่อให้เกิดสภาวะสมดุล แรงอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการหมุนของโลกคือแรงคอริออลิส (Coriolis) ซึ่งสามารถเขียนสมการของแรงคอริออลิส (Coriolis) ได้ดังนี้

$$C = 2\Omega V \sin\phi \qquad (2.3)$$

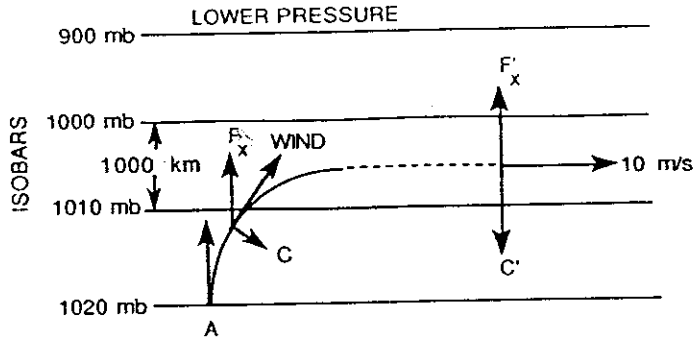
โดยที่ C คือแรงคอริออลิส(Coriolis)

Ω คือ Agular angle (เท่ากับ 7.29×10^{-5} rad/s)

V คือความเร็วลม m/s

ϕ คือ Latitude,degree

แรงดังกล่าวจะเกิดขึ้นที่ซีกโลกทางเหนือและซีกโลกทางใต้แต่ที่เส้นศูนย์สูตรแรงคอริออลิสจะเป็นศูนย์ ลมจะเกิดจากความแตกต่างของแรงกดอากาศโดยมีแรงต้านจากแรงฝืด(Friction)เท่านั้น ลมจะเกิดจากความกดอากาศสูงไหลมายังความกดอากาศต่ำและการไหลของลมจะทำให้ความดันอากาศลดลงจนกลายเป็นศูนย์ ดังนั้นศูนย์กลางความกดอากาศทั้งสูงและต่ำจะไม่เกิดใกล้เส้นศูนย์สูตร



รูปที่ 2.1 **การเกิด** Geostrophic Wind

ในบริเวณเส้นศูนย์สูตรเกิดความแตกต่างของความกดอากาศลมจะไหลเป็นเส้นโค้ง (รูปที่2.1)ซึ่งอธิบายได้คืออากาศที่ถูกผลักโดยแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความดันจะพยายามเคลื่อนที่ตั้งฉากกับเส้นความกดอากาศเท่า(Isobar)ซึ่งถือเป็นเส้นระดับแนวนอนที่มีความกดอากาศคงที่เมื่ออากาศเคลื่อนที่แรงคอริออลิสจะพยายามตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของลมทำให้ลม เบี่ยงเบนไปทางขวาของเส้นทางเดิม เมื่อมีการเปลี่ยนทิศทางจะมีเฉพาะแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศเท่านั้นที่กระทำเสริมในทิศทางเดิมทำให้ลมมีการเคลื่อนที่เร็วขึ้นขณะที่ทิศทางที่เปลี่ยนไปแรงลมก็จะมีความเร็วในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งความเร็วจะคงที่และวิ่งขนานไปกับความกดอากาศเท่าปรากฏการณ์ดังกล่าวสามารถอธิบายตามกฎของ Buys – Ballot ได้กล่าวคือถ้ายืนที่ซีกโลกเหนือโดยหันหลังให้กับลม ความกดอากาศสูงจะอยู่ทางขวามือและความกดอากาศต่ำจะอยู่ทางซ้ายมือ แต่ถ้ายืนอยู่ที่ซีกโลกใต้ทิศทางจะสลับกัน ลมที่ทำให้เกิดจุดสมดุลเรียกว่าลม Geostrophic Wind โดยมีสมการดังนี้

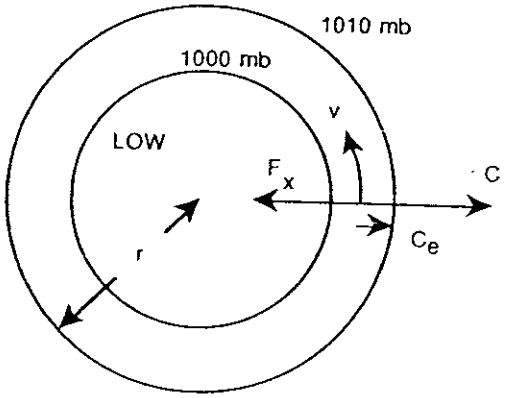
$$2\Omega V\sin\phi = \frac{(1)(\Delta P_x)}{\rho\ \Delta x} \qquad (2.4)$$

โดยที่ V คือความเร็วลม Geostrophic Wind,m/s

ถ้าความเร่งของอากาศเท่ากับ 0.993×10^{-3} m/s^2 (จากข้อ 2.1) เกิดขึ้นที่ Latitude 40 เมื่อแทนค่าในสมการดังกล่าวจะได้ความเร็วลม Geostrophic Wind(V)เท่ากับ 9.95 m/s

2.2.1.3. GRADIENT WIND

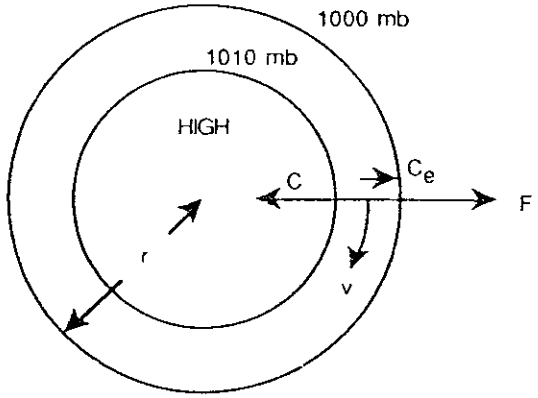
ในบางกรณีลมจะไหลขนานกับเส้นความกดอากาศเท่า เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจสามารถอธิบายได้ว่า ถ้าลมจะไหลไปตามเส้นโค้งที่แสดงในรูป 2.2 ด้วยความเร็ว V เมตร/วินาทีและกำหนดให้เส้นโค้งดังกล่าวมีรัศมีความโค้งเท่ากับ r จะเกิดแรงหนีศูนย์กลาง C_c)เท่ากับ $\frac{V^2}{R}$



รูปที่2.2 การเกิด Cyclonic Motion ที่ซีกโลกเหนือ

ในกรณีที่แรงเกิดขึ้นจากความแตกต่างของแรงกดอากาศไหลเข้าหาความกดอากาศต่ำซึ่งอยู่ภายในตามรูปที่ 2.2 โดยหลักของความสมดุลแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความดัน(F_x)จะเทากับแรงคอริออลิสรวมกับแรงหนีศูนย์กลางโดยเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$F_x = \frac{(1)(\Delta P)}{\rho\ \Delta x} = 2\Omega V\sin\phi + \frac{V^2}{r} \qquad (2.5)$$



รูปที่ 2.3 การเกิด Cyclonic Motion ที่ซีกโลกใต้

เมื่อลมพัดอยู่ในบริเวณศูนย์กลางของความกดอากาศสูงวาสมดุลของแรงจะเปลี่ยนไปกล่าวคือแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ(F)จะพยายามไหลออกมาจากวงกลม

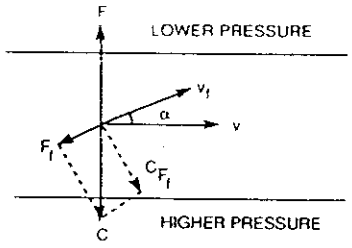
พร้อมแรงหนีศูนย์กลาง ขณะเดียวกันแรงคอริออลิสจะไหลเข้าศูนย์กลางตามในรูปที่ 2.3 เพื่อให้เกิดความสมดุลโดยเขียนเป็นสมการได้ดังนี้คือ

$$2\Omega V\sin\phi = \frac{(1)(\Delta P)}{\rho\ \Delta x} + \frac{V^2}{r} \qquad (2.6)$$

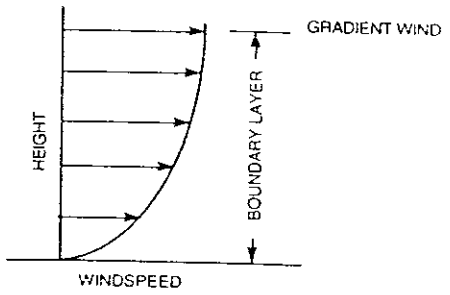
ปรากฏการณ์การไหลของอากาศทั้งสองกรณีคือการไหลแบบไซโคลนและแอนตี้ไซโคลนซึ่งถ้าเกิดขึ้นบริเวณละติจูดต่ำๆซึ่งในบริเวณนั้นแรงคอริออลิสจะมีน้อยจึงเกิดเป็นพายุประเภท เฮอริเคน หรือ ทอร์นาโดขึ้น

2.2.2. ลมผิวพื้น (SURFACE WIND)

ลมผิวพื้น คือลมที่พัดในบริเวณผิวพื้นโลกภายใต้ความสูงประมาณ 1 กิโลเมตร



รูปที่ 2.4 ผลของแรงต้านและแรง Corilis



รูปที่ 2.5 ลักษณะของความเร็วลมภายใต้ Atmosphere Boundary Layer

เหนือพื้นดินซึ่งเป็นบริเวณที่มีการคลุกเคล้าของอากาศและมีแรงฝืดอันเกิดจากการปะทะกับสิ่งกีดขวางร่วมกระทำด้วย ในระดับต่ำแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศในแนวนอนจะไม่สมดุลกับแรงคอริออลิส ลมพื้นผิวจะไม่ขนานกับเส้นความกดอากาศเท่า แต่จะพัดข้ามจากความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำและทำมุมกับเส้นความกดอากาศเท่า (รูปที่2.4) การทำมุม

นั้นขึ้นอยู่กับความขรุขระของผิวพื้น ถ้าเป็นทะเลที่ราบเรียบจะทำมุม 10 องศา ถึง 20 องศา แต่ที่พื้นดิน (ระดับความสูง 10 เมตร)จะทำมุม 20-40 องศา ส่วนบริเวณที่เป็นป่าไม้หนาทึบอาจทำมุมถึง 90 องศา แต่ที่ระดับความสูงมากกว่า 10 เมตร ขึ้นไปแรงต้านจะลดลงและความเร็วลมจะเพิ่มขึ้น (รูปที่2.5)และมุมที่ทำกับเส้นความกดอากาศเท่าจะเล็กลง ส่วนที่ระดับความสูงใกล้ 1 กิโลเมตรเกือบไม่มีแรงฝืด ดังนั้นลมจึงพัดขนานกับเส้นความกดอากาศเท่า (Isobar)

ลมสำคัญที่เกิดขึ้นในประเทศไทย

ก. ลมมรสุม

ในเขตฤดูร้อนของทวีปเอเชีย แผ่นดินจะได้รับความร้อนเต็มที่ขณะที่ฤดูหนาวจะได้รับความเย็นเต็มที่โดยเฉพาะในบริเวณทางตอนเหนือของเทือกเขาหิมาลัย ในฤดูหนาวอากาศจะหนักทำให้เกิดความกดอากาศสูงแต่ปกคลุมทั่วเอเชีย ในฤดูร้อนแผ่นดินจะร้อนระอุทำให้เกิดความกดอากาศต่ำลมมรสุมจึงเกิดขึ้นจากวงจรของความแตกต่างของความกดอากาศดังกล่าว กล่าวคือในมหาสมุทรอินเดียลมจะพัดจากทะเลสู่แผ่นดินจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศใต้ในฤดูร้อน เมื่อถึงเดือนพฤศจิกายนทวีปเอเชียจะเริ่มเข้าสู่ฤดูหนาวซึ่งจะปกคลุมไปด้วยลมหนาวที่เป็นอากาศแห้งพัดจากทางเหนือและทิศตะวันออดเฉียงเหนือลงใต้

ลมมรสุม(Monsoon) หมายถึงลมที่พัดเปลี่ยนทิศทางกับกานเปลี่ยนฤดู คือฤดูร้อนจะพัดอยู่ในทิศทางหนึ่ง และจะเปลี่ยนทิศทางไปในทางตรงกันข้ามในฤดูหนาว ลมมรสุมที่เห็นชัดที่สุดเกิดขึ้นที่เอเชียตะวันออกและเอเชียใต้

ลักษณะการเกิดลมมรสุมเหมือนกับการเกิดลมบกลมทะเล โดยในฤดูหนาวอากาศภายในแผ่นดินเย็นกว่าอากาศในมหาสมุทรที่อยู่ใกล้เคียงทำให้ภาคพื้นทวีปบริเวณไซบีเรียเป็นเขตความกดอากาศสูง ส่วนมหาสมุทรอินเดียเป็นเขตความกดอากาศต่ำ อากาศเหนือมหาสมุทรอินเดียซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณไซบีเรียจะลอยตัวสูงขึ้น และอากาศบริเวณไซบีเรียจะไหลเข้าไปแทนที่ในทิศทางการหมุนตามเข็มนาฬิกา อากาศที่ไหลออกบริเวณความกดอากาศสูงไซบีเรียเป็นอากาศที่ไหลจมลงและทิศทางลมจะเบนไปทางขวา กลายเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือผ่านเข้าไปยังเอเชียตะวันออก และเอเชียใต้ ในฤดูนี้ทั่วไปมีลักษณะอากาศดีและอากาศแห้งดังนั้นลมมรสุมฤดูหนาวลักษณะท้องฟ้าแจ่มใส

ในฤดูร้อนลมจะพัดเปลี่ยนทิศทางตรงกันข้าม เพราะอากาศภาคพื้นทวีปอุ่นกว่าอากาศพื้นผิวน้ำซึ่งทำให้ภาคพื้นทวีปเป็นเขตความกดอากาศต่ำ พื้นน้ำเป็นเขตความกดอากาศสูง เกิดลมพัดจากพื้นน้ำที่เป็นเขตความกดอากาศสูงเข้าสู่พื้นดินซึ่งเป็นเขตความกดอากาศต่ำในทิศ

ทิศทางการหมุนทวนเข็มนาฬิกากลายเป็นลมมรสุมตะวันตดเฉียงใต้ที่พัดจากพื้นน้ำเข้ามาและนำเอาความชื้นออกมาด้วย สำหรับประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมทั้งสองฤดู คือ ในช่วงฤดูฝนได้รับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และช่วงฤดูหนาวลมจะเปลี่ยนทิศเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

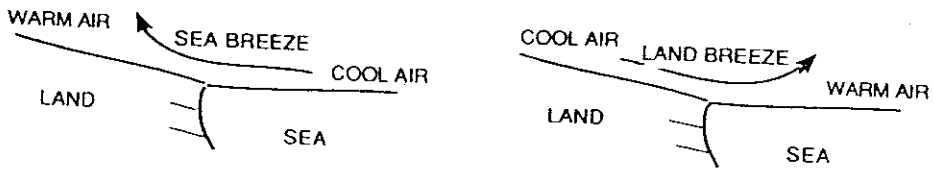
ข. ลมประจำถิ่น

ลมประจำถิ่นเป็นลมที่เกิดขึ้นภายในท้องถิ่นเนื่องจากอิทธิพลของภูมิประเทศและความเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศ แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆได้ดังนี้

ลมบกและลมทะเล

ลมบกและลมทะเลคือลมประจำถิ่นเกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศระหว่างทะเลกับแผ่นดินคือ

- ลมทะเล (Sea Breeze) เกิดขึ้นในฤดูร้อนตามชายฝั่งทะเล ในเวลากลางวันเมื่อพื้นดินได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นน้ำ และอากาศเหนือพื้นดินเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวลอยขึ้นสู่เบื้องบน อากาศเหนือพื้นน้ำซึ่งเย็นกว่าจะไหลเข้าแทนที่เกิดลมจากทะเลพัดเข้าหาฝั่งเรียกว่าลมทะเลซึ่งมีระยะไกลถึง 16 – 48 กิโลเมตรและความแรงของลมจะลดลงเมื่อเข้าถึงฝั่ง



รูปที่ 2.6 ลมบกและลมทะเล

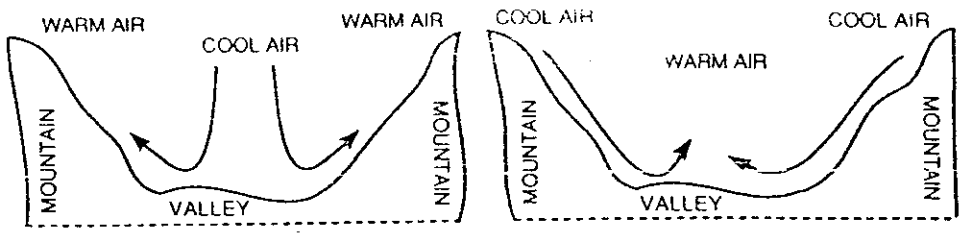
- ลมบก (Land Breeze)เกิดขึ้นในเวลากลางคืน เมื่อพื้นดินคายความร้อนโดยการแผ่รังสีออกจะคายความร้อนได้เร็วกว่าพื้นน้ำ ทำให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นน้ำ อากาศเหนือพื้นน้ำซึ่งร้อนกว่าพื้นดินจะลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน อากาศเหนือพื้นดินซึ่งเย็นกว่าจะไหลเข้าไปแทนที่เกิดเป็นลมพัดจากฝั่งไปสู่ทะเลเรียกว่าลมบก ซึ่งลมบกจะมีความแรงของลมอ่อนกว่าลมทะเลโดยสามารถพัดเข้าสู่ทะเลมีระยะเพียง 8 – 10 กม.

ลมภูเขาและลมหุบเขา

ลมภูเขาและลมหุบเขา เกิดขึ้นเองจากความแตกต่างของความกดอากาศคือ

- ลมหุบเขา(Valley – Mountain Breeze) เกิดขึ้นในเวลากลางวันคือ อากาศตามหุบเขาและลาดเขาร้อนเพราะได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เต็มที่ ส่วนอากาศที่หุบเขาเบื้องล่างมีความเย็นกว่าไหลเข้าแทนที่ ทำให้ลมเย็นจากหุบเขาเบื้องล่างพัดไปตามลาดเขาขึ้นสู่เบื้องบนเรียกว่าลมหุบเขา

- ลมภูเขา (Mountain – Valley Breeze)เกิดขึ้นในเวลากลางคืน อากาศตามภูเขาและลาดเขาจะเย็นลงอย่างรวดเร็วด้วยการคายความร้อนออก อากาศตามลาดเขาที่เย็นและหนักกว่าอากาศบริเวณใกล้เคียงจึงไหลออกมาทำให้ลมพัดมาตามลาดเขาสู่หุบเขาเบื้องล่างเรียกว่าลมภูเขา



รูปที่ 2.7 ลมภูเขาและลมหุบเขา

ลมตะเภา เป็นลมท้องถิ่นในประเทศไทย เป็นลมที่พัดมาจากทางทิศใต้ไปยังทิศเหนือคือพัดจากอ่าวไทยเข้าสู่ภาคกลางตอนล่าง ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน

ลมว่าว เป็นลมที่พัดจากทางทิศเหนือไปยังทิศใต้ เกิดในเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนเป็นลมที่พัดมาตามแม่น้ำเจ้าพระยา และพัดในช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะเปลี่ยนเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

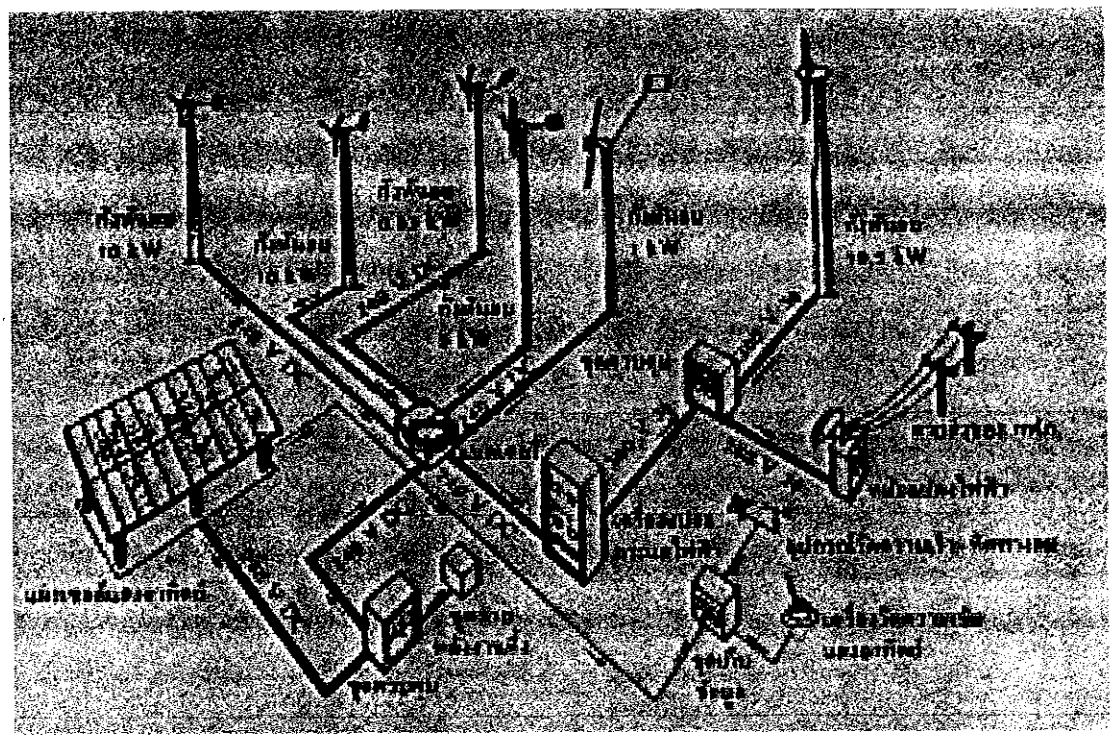
2.3 ลักษณะทั่วไปของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันลม

เมื่อใบพัดของกังหันโดนลม และขับเคลื่อนจากแนวนอนไปสู่แนวตั้ง จากนั้นใบพัดจะหมุนเหมือนวงล้อ จากนั้นกังหันก็จะติดเครื่องและผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา โดยกังหันลมจะเปลี่ยนพลังงานกลที่ได้จากการหมุนของใบพัดเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยเมื่อกังหันลมหมุน แกนของกังหันลมที่ต่อมายังเจเนอเรเตอร์ก็จะผลิตไฟฟ้ากระแสตรง หรืออัลเทอร์เนเตอร์ผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ ถ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรงก็จะเข้าประจุแบตเตอรี่ก่อน แล้วจึงจะผ่านเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแปลงให้เป็นไฟ

กิโลวัตต์ เพิ่มอีก 2 ชุด โดยเชื่อมโยงเข้ากับระบบสายส่งไฟฟ้าด้วย ทำให้สถานีพลังงานทดแทนพรหมเทพแห่งนี้มีกำลังผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมรวม 42 กิโลวัตต์

จากประสบการณ์ที่ได้รับจากการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากว่า 13 ปี ตลอดจนผลจากการติดตามเทคโนโลยีด้านกังหันลมมาโดยตลอดทำให้ กฟผ. มีความพร้อมที่จะติดตั้งกังหันลมในขนาดที่ใหญ่ขึ้น ดังนั้นในปี พ.ศ. 2539 กฟผ. จึงติดตั้งกังหันลม ขนาดกำลังผลิต 150 กิโลวัตต์ ซึ่งเป็นกังหันลมที่มีขนาดใหญ่ที่สุดที่เคยติดตั้งมาในประเทศไทย รวมทั้งกังหันลมชนิดนี้มีเทคโนโลยีที่เชื่อถือได้สำหรับการผลิตไฟฟ้าในเชิงพาณิชย์ ขณะเดียวกันก็ยกเลิกการใช้งานกังหันลมขนาดเล็กที่ต้องซ่อมบำรุงบ่อยและชำรุดเสียหาย ทำให้มีกำลังผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมรวม 170 กิโลวัตต์ ต่อมา ในปี พ.ศ. 2541 ได้ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มเติมอีก รวมกำลังผลิตทั้งสิ้น 180.124 กิโลวัตต์

ระบบผลิตไฟฟ้าร่วม เซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลม ขนาดเล็กแห่งนี้ เป็นงานสาธิตเข้าระบบจำหน่าย ของการไฟฟ้า ส่วนภูมิภาค ซึ่ง กฟผ. ได้ดำเนินการอยู่ที่บริเวณ สถานีพลังงานทดแทนพรหมเทพ ที่เกาะภูเก็ต ซึ่งอยู่ห่างจากกรุงเทพฯ 900 กิโลเมตร ที่สถานีฯ นี้ซึ่งแต่เดิม ไม่มีเครื่องอำนวยความสะดวกใดๆ มาก่อน แต่ด้วยแรงลมตะวันตกเฉียงใต้ จากทะเล อันดามันในช่วงมรสุม อีกทั้งความเข้มแสงอาทิตย์ ที่ค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี แหลมพรหมเทพนี้ จึงเป็นที่ตั้งสมบูรณ์แบบ สำหรับการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ และกังหันลมดังกล่าวงานที่สถานีทดลองแห่งนี้ดำเนินการทั้งหมดโดย กฟผ. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการทดลองแบบ ต่อกับระบบจำหน่ายของ การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ จากกังหันลม (ที่ใช้ Induction Generator) และเซลล์แสงอาทิตย์ (ซึ่งใช้ Line Commulated Inverters) ได้เริ่มขึ้นในปลายปี พ.ศ.2533 ในการติดตั้งระบบจำหน่ายขนาด 33 กิโลโวลท์ มายังสถานีพลังงานทดแทน พรหมเทพดังรูปที่ 2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบ คือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดกังหันลม แบตเตอรี่ เครื่องแปลงกระแส ชุดควบคุม และชุดเก็บข้อมูล



รูปที่ 2.8 แสดงระบบผลิตไฟฟ้าร่วมเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลม

ก. แผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีอยู่ทั้งหมด 220 แผง จากแหล่งผลิตทั้งหมด 8 บริษัท เป็นเทคโนโลยีแบบซิลิกอนผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon) 5 บริษัท และที่เหลือจะเป็นเทคโนโลยีซิลิกอนแบบหลายผลึก (Poly-Crystalline Silicon) รวมกำลังผลิตทั้งหมด 11.34 กิโลวัตต์ มีการเชื่อมต่อกันเป็น 11 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วยแผงประมาณ 20 แผง จากแหล่งผลิตเดียวกัน เชื่อมต่อกันแบบอนุกรมเป็นเส้นเดียว และมีระดับศักดาไฟฟ้าขนาด 350-400 โวลท์กระแสตรง และมีกระแสไฟฟ้าขนาดตั้งแต่ 2.5 ถึง 3.0 แอมแปร์ ที่ความเข้มแสงอาทิตย์ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร แต่ละชุด ถูกเชื่อมต่อกันแบบขนานในที่สุด

ข. ชุดกังหันลม

ชุดกังหันลมที่ผลิตไฟฟ้าร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ ต่อเข้าระบบจำหน่าย ซึ่งปัจจุบันใช้งานอยู่ 3 เครื่อง ได้แก่ กังหันลมขนาด 10 กิโลวัตต์ จำนวน 2 เครื่อง เป็นกังหันลมที่ผลิตไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อประจุแบตเตอรี่ 240 โวลท์ ชุดเดียวกับเซลล์แสงอาทิตย์ กังหันลมเครื่องนี้มีใบกังหันลม 3 ใบ เป็นแบบแกนหมุนอยู่ในแนวนอน ความเร็วรอบ ของกังหันประมาณ 350 รอบต่อนาที ที่

ความเร็วลมประมาณ 12.1 เมตรต่อวินาที ความเร็วลมที่สามารถ เริ่มผลิต กระแสไฟฟ้าได้ 3.1 เมตรต่อวินาที ความสูงของเสากังหันลม 20 เมตร กังหันลมชุดนี้ติดตั้งใช้งาน เมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2536 กังหันลมอีกเครื่องหนึ่ง เป็นกังหันลมขนาด 150 กิโลวัตต์ เป็นกังหันลมที่ผลิตไฟฟ้าและเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยตรง กังหันลมเครื่องนี้มีใบกังหันลม 3 ใบ เป็นแบบแกนหมุนอยู่ในแนวนอน ความเร็วรอบ ของกังหันลมประมาณ 38 รอบต่อนาทีกำลังผลิตไฟฟ้า สูงสุดที่ความเร็วลมประมาณ 13 เมตรต่อวินาที ความเร็วลม ที่สามารถเริ่มผลิต กระแสไฟฟ้าได้ 4 เมตรต่อวินาที ความสูงของเสากังหันลม 31 เมตร เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นชนิด 3 เฟส แบบ Induction 400 โวลท์ 50 Hz กังหันลมเครื่องนี้ติดตั้งใช้งาน เมื่อเดือนกรกฎาคม 2539

ค. แบตเตอรี่

ระบบแบตเตอรี่ มีหน้าที่สะสมไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ที่ใช้นี้เป็นกรดตะกั่ว ที่มีแอนติโมนีต่ำ และตั้งอยู่กับที่ (Lead Low Antimony Stationary Battery) มีอยู่ทั้งหมด 120 ลูก แต่ละลูกมีแรงดันไฟฟ้านอมินอล (Nominal Voltage) เท่ากับ 2 โวลท์ ต่อเข้ากันเป็นอนุกรม เพื่อที่จะได้แรงดันไฟฟ้าขนาด 240 โวลท์กระแสตรง (Nominal) ซึ่งจะมีความจุทั้งหมด 600 แอมแปร์-ชั่วโมง

ง. เครื่องแปลงกระแส

ไฟฟ้ากระแสตรงที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ จะถูกเปลี่ยนไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยผ่านเครื่องแปลงกระแส (Inverter) แบบ 3 เฟส 416 โวลท์ กระแสสลับ 50 Hz ขนาด 15 kVA เครื่องแปลงกระแสนี้ ได้นำมาใช้เชื่อมโยงกับระบบ จำหน่ายท้องถิ่นขนาด 33 กิโลโวลท์ 3 เฟส โดยผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า

จ. ชุดควบคุมและเก็บข้อมูล

กระแสไฟฟ้าที่ถูกประจุไว้ ในแบตเตอรี่หรือปล่อยไปสู่ภาระ (Load) โดยผ่านเครื่องแปลงกระแส จะถูกควบคุมโดย ชุดควบคุมประจุไฟฟ้า (Charge/Discharge Controller) ชุดควบคุมนี้จะปล่อยกระแสไฟฟ้าไปยัง Dummy Load เมื่อชุดแบตเตอรี่นั้นอยู่ในสภาวะ มีประจุไฟฟ้าอยู่เต็มที่ หรือในทางตรงกันข้าม จะตัดภาระออกจากชุดแบตเตอรี่ เมื่ออยู่ใน สภาวะที่มีประจุอยู่น้อย ระบบควบคุมนี้มีไว้เพื่อ ยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ในตัวเครื่องแปลงกระแสเอง ก็มีชุดควบคุมการเชื่อมโยงกับ ระบบจำหน่ายอยู่ในตัวด้วย ซึ่งจะควบคุมความถี่ และแรงดันไฟฟ้า ให้เหมาะสมกับสภาวะ ของระบบจำหน่าย และตามกำลังผลิตที่ตั้งค่าไว้ล่วงหน้า นอกจากนี้วงจรควบคุมนี้ ยังสามารถที่จะเริ่ม หรือหยุดการทำงานได้เอง ในกรณีที่สภาวะของระบบไฟฟ้าไม่ปกติ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ ควบคุมเพิ่มเติมสำหรับเครื่องแปลงกระแส ชุดเก็บข้อมูล มีทั้งแบบอนาล็อก ซึ่ง

ข้อมูลดิบ ที่เกี่ยวข้องในระบบการสาธิตนี้ และนำข้อมูลไปประเมินผลต่อไป
(http://www.egat.co.th)

2.5 กังหันลม

ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการแปลงพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า สามารถใช้งานได้กับพื้นที่ที่มีปริมาณปานกลาง จนถึงพื้นที่ที่มีลมแรงมาก เช่นบริเวณ ชายทะเล ภูเขา และยังเป็นกังหันลมที่มีความแข็งแรง ไม่เป็นสนิม ต้องการการซ่อมบำรุงน้อย (http://www.kmitl.ac.th/park/a028.html)

ความเร็วลมสำหรับกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับขนาดและเทคโนโลยีของบริษัทผู้ผลิต ส่วนใหญ่กังหันลมจะเริ่มหมุน(Cut in)ที่ความเร็วลม 4 เมตร/วินาที และหยุดหมุน(Cut out)เมื่อมีความเร็วมากกว่า 25 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันการเสียหายของกังหันลม ช่วงที่ความเร็วลมพอเหมาะและพอเพียงในการผลิตกระแสไฟฟ้าในเชิงพานิช อยู่ในช่วง 6-10 เมตร/วินาที

กังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

ขนาดจิ๋ว(Micro Wind Turbine)กำลังการผลิตน้อยกว่า 1.5 กิโลวัตต์ สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อจัดเก็บไว้ในแบตเตอรี

ขนาดเล็ก(Small Wind Turbine)กำลังการผลิต 1.5 - 20 กิโลวัตต์ สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อจัดเก็บไว้ในแบตเตอรี

ขนาดกลาง(Medium Wind Turbine)กำลังการผลิต 20 - 2000 กิโลวัตต์ สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าต่อเข้าระบบสายส่ง

ขนาดใหญ่(Large Wind) กำลังการผลิตมากกว่า 2000 กิโลวัตต์

2.5.1 ชนิดของกังหันลม

1. กังหันลมแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Terbine(VAWT)) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนตั้งฉากกับทิศทางลม

2. กังหันลมแกนนอน (Horizontal Axis Wind Terbine(HAWT)) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับทิศทางลม (Turbine) กำลังการผลิต 200 - 2000 กิโลวัตต์ ติดตั้งแบบทุ่งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับต่อเข้าระบบสายส่ง
(http://www.stou.ac.th/Thai/Schools/slw/Webboard/Question.asp?GID=6520)

2.5.1.1. ส่วนประกอบของระบบกังหัน

- ใบกังหัน

ใบกังหันนับว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดที่เป็นตัวทำให้เกิดพลังงานกลที่เพลาของกังหัน จำนวนใบพัดอาจมีตั้งแต่หนึ่งถึงหลายสิบใบ กังหันลมที่มีจำนวนใบมากส่วนใหญ่จะใช้กับงานที่ต้องการแรงบิด (Torque) สูง ในทางตรงกันข้ามกังหันที่มีจำนวนใบพัดน้อยส่วนใหญ่ใช้กับงานที่ต้องการความเร็วรอบสูง เช่น การผลิตไฟฟ้า รูปหน้าตัดของใบพัดกังหันอาจมีตั้งแต่ลักษณะแพนอากาศ (Airfoil) หรือลักษณะคล้ายปีกเครื่องบิน เป็นแผ่นโค้ง และเป็นแผ่นราบตรง วัสดุที่ใช้ทำใบกังหันควรจะเป็นวัสดุเบาและแข็งแรงซึ่งอาจจะเป็นอลูมิเนียมอัลลอยด์ แผ่นเหล็ก ไม้ และไฟเบอร์กลาส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและความต้องการของผู้ออกแบบ

- ระบบควบคุม

ระบบควบคุมในชุดกังหันลมส่วนใหญ่จะมี 2 ชนิด โดยเฉพาะแบบแกนนอน คือ ควบคุมให้ตัวกังหันหันหน้าเข้าหาทิศทางลมตลอดเวลา และควบคุมเพื่อป้องกันความเสียเนื่องจากความเร็วลมแรงจัดๆ

ระบบควบคุมให้กังหันหันหน้าเข้าหาทิศทางลม ส่วนมากระบบนี้จะใช้ระบบหางเสือโดยเฉพาะกังหันลมขนาดเล็กเพราะระบบนี้เป็นแบบง่ายๆ ไม่ซับซ้อนมาก ส่วนระบบควบคุมเพื่อป้องกันการเสียหายเนื่องจากความเร็วลมแรงจัดๆ ปกติเมื่อลมพัดแรงจัดๆ จะมีแรงกระทำกับใบพัดกังหันอย่างมาก ดังนั้นการออกแบบจะออกแบบระบบควบคุมให้ทำงานที่ความเร็วสูงสุดที่กังหันลมรับได้ค่าหนึ่ง การควบคุมจะมีลักษณะการทำงานอยู่ 2 แบบคือ

ก. ทำให้กังหันลมหันหน้าเหจากกระแสลมโดยการหันไปข้างๆ หรือหันเงยขึ้น หรือทำให้ใบกังหันหุบตัวเพื่อให้มีพื้นที่ของกังหันที่รับกระแสลมน้อยลง

ข. ทำให้เกิดการหน่วงต่อการหมุนของกังหันลม ซึ่งอาจทำได้โดยการบิดมุมของใบพัดกังหันให้เกิดการหน่วงมากกว่าการขับ หรือเพิ่มชิ้นส่วนที่ทำให้เกิดแรงหน่วงขึ้นอย่างสูงเมื่อความเร็วถึงจุดที่กำหนด

- ระบบส่งกำลัง

การส่งกำลังจากตัวกังหันเพื่อไปใช้งาน อาจต่อกับเพลาได้โดยตรงหรือผ่านระบบส่งกำลัง เช่น เฟือง สายพาน และไฮโดรลิคส์ ซึ่งจะมีการทดรอบให้สอดคล้องกันระหว่างความเร็วรอบของแกนของกังหันกับการใช้งาน เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

- หอคอย

หอคอยทำหน้าที่ยึดตัวกังหันลมให้อยู่ในระดับที่สูงเพื่อรับกระแสลมได้มากขึ้นทุกทิศทาง หอคอยอาจเป็นท่อตรงที่มีสายยึดหรืออาจเป็นโครงสร้างเหล็ก(หรือไม้) ที่สามารถรับน้ำหนักและการสั่นสะเทือนเนื่องจากตัวกังหันได้

2.5.1.2. กังหันลมกับการใช้งาน

เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอ ของความเร็วลมที่แปรผันตามธรรมชาติ และความต้องการพลังงานที่สม่ำเสมอให้เหมาะสมกับการใช้งานแล้ว จะต้องมีตัวกักเก็บพลังงาน และใช้แหล่งพลังงานอื่นที่น่าเชื่อถือได้เป็นแหล่งสำรอง (Backup) หรือใช้ร่วมกับแหล่งพลังงานอื่น

ก. ตัวกักเก็บพลังงานที่มีอยู่หลายชนิด ส่วนมากอยู่กับงานที่จะใช้ เช่น ถ้าเป็นกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดเล็กมักนิยมใช้แบตเตอรี่เป็นตัวกักเก็บ การสูบน้ำไปกักเก็บไว้ในลักษณะของพลังงานศักย์และการเก็บในรูปของพลังงานกล (อาศัยแรงเฉื่อยมวล) ฯลฯ

ข. การใช้แหล่งพลังงานอื่นที่เป็นตัวหมุน ระบบนี้ปกติกังหันลมจะทำหน้าที่จ่ายพลังงานให้ตลอดเวลาที่มีความเร็วลมเพียงพอ หากความเร็วลมต่ำ หรือลมสงบ แหล่งพลังงานชนิดอื่นจะทำหน้าที่จ่ายพลังงานแทน

ค. การใช้ร่วมกับแหล่งพลังงานอื่น ระบบนี้ปกติจะมีแหล่งพลังงานชนิดอื่นจ่ายพลังงานอยู่แล้ว กังหันลมจะจ่ายพลังงานเมื่อมีความเร็วลมเพียงพอซึ่งในขณะเดียวกันก็ลอการจ่ายพลังงานจากแหล่งอื่น เช่น การลดการใช้น้ำมันดีเซลของเครื่องยนต์ดีเซล ระบบนี้จะต่างกับระบบที่กล่าวถึงในข้อ ข. ตรงที่ว่าข้อ ข. กังหันลมจ่ายพลังงานเป็นตัวหลักและแหล่งพลังงานอื่นเป็นแหล่งสำรอง แต่ในระบบข้อ ค. นี้ แหล่งพลังงานอื่นจ่ายพลังงานเป็นหลัก ส่วนกังหันลมทำหน้าที่เสริมพลังงาน ของต้นพลังงานหลัก พลังงานอย่างอื่นที่กล่าวมานี้อาจเป็นเครื่องจักรดีเซลหรือพลังงานน้ำจากเขื่อน ฯลฯ

2.5.1.3. สถานภาพการวิจัยกังหันลมผลิตไฟฟ้า

ก. สหรัฐอเมริกา

- การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม
- การศึกษาความเหมะสมทางเทคนิค และเศรษฐศาสตร์
- การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่วางขายในท้องตลาด
- การทดสอบกังหันลมแบบ แดร์เรียส ขนาดกำลังผลิต 2- 32 กิโลวัตต์

- การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ 100 kw Mod 0 ขนาด 200 kw Mod 0A จำนวน 3 ชุด และขนาด 2,000 kw
- การติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าในลักษณะ Wind Farm รวมกำลังผลิตมากกว่า 600,000 kw

ข. คานาดา

- การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม
- การทดสอบติดตั้งกังหันลมแดร์เรียส ขนาดกำลังผลิต 200kw
- การศึกษาระบบกังหันลมพรอเพลเลอร์ ขนาดกำลังผลิต 2,000 kw

ค. สวีเดน

- การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม
- การศึกษาระบบกังหันลมพรอเพลเลอร์ ขนาดกำลังผลิต 65 kw

ง. เดนมาร์ค

- การปรับปรุงทดสอบกังหันลม ขนาดกำลังผลิต 200 kw
- การศึกษาระบบกังหันลมพรอเพลเลอร์ ขนาดกำลังผลิต 2,000 kw

จ. ฮอลแลนด์

- การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม
- การทดสอบติดตั้งกังหันลมแดร์เรียส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เมตร
- การศึกษาการใช้ประโยชน์กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่

ฉ. เยอรมัน

- การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม
- การพัฒนากังหันลมพรอเพลเลอร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 52 เมตร
- การทดสอบกังหันลมแกนตั้ง ขนาดกำลังผลิต 20 kw

ช. ฝรั่งเศส

- การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม
- การติดตั้งทดสอบกังหันลมพรอเพลเลอร์ ขนาดกำลังผลิต 100 – 1000 kw
- การติดตั้งทดสอบกังหันลมแบบแกนตั้ง

2.5.1.4. Meier และ Merson ได้จำแนกระดับความเร็วลมเฉลี่ยที่ความสูง 10 เมตร จากพื้นดินที่เหมาะสม สำหรับการใช้ประโยชน์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าออกเป็น 3 ระดับดังนี้

- ระดับต่ำ 4 – 5 เมตรต่อวินาที
- ระดับปานกลาง 5 – 7 เมตรต่อวินาที
- ระดับสูง ตั้งแต่ 7 เมตรต่อวินาทีขึ้นไป

2.5.2 การเปรียบเทียบกังหันลมชนิดแกนนอนและแกนตั้ง

กังหันลมมี 2 ชนิดคือ กังหันแนวนอน และกังหันแนวตั้ง สำหรับกังหันแนวตั้งจะมีข้อดีกว่ากังหันแนวนอนในแง่ที่สามารถทำงานได้อย่างอิสระไม่ขึ้นกับทิศทางลม และไม่ต้องมีระบบเสริมอื่นเพื่อช่วยในการปรับกังหันให้เข้ากับทิศทางของลม อย่างไรก็ตามข้อเสียของกังหันแนวตั้ง คือ ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากแรงยก (lift force) ได้ ยกเว้นกังหยัลมแบบดาลีอุส (Darrieus Rotor) ส่วนกังหันแนวนอนจะมีปัญหาเกี่ยวกับการส่งถ่ายแรงบิดและการเปลี่ยนทิศการส่งกำลังซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้เฟืองกรวยตัด (bevel gear) ทำการปรับเปลี่ยนทิศทางการหมุนในแนวระดับของกังหันแกนนอน เพื่อส่งกำลังไปยังแกนหมุนในแนวตั้ง แต่ด้วยวิธีนี้ระบบการปรับแก้จะต้องถูกล็อคหลังจากการปรับวางตามแนวทิศของลมแล้ว มิฉะนั้นกังหันจะถูกผลักให้หันหนีกระแสลมเมื่อมีการส่งถ่ายแรงบิด ระบบจะมีความซับซ้อนมากขึ้นเมื่อกังหันถูกออกแบบให้เปลี่ยนทิศทางโดยอัตโนมัติตามทิศทางของลม การใช้กังหันแกนตั้ง เช่น กังหันแบบซาโอนิอุส สามารถหลีกเลี่ยงปัญหานี้ได้และการทำงานก็จะมีการสูญเสียที่เกิดจากการส่งถ่ายกำลังน้อย

2.5.3 การป้องกันกังหันจากพายุ

เครื่องป้องกันมีความจำเป็นมากเพื่อทำหน้าที่ในการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับกังหันและเครื่องจักรบางตัวที่เกี่ยวข้องหรือทั้งหมด เมื่อเผชิญกับกระแสลมแรงมากๆ ($v_1 > 15 – 25$ เมตร/วินาที ซึ่งขึ้นอยู่กับอุปกรณ์แต่ละชนิด)

วิธีป้องกันกังหันประกอบด้วยหลายวิธีได้แก่

ก. การปรับมุมของใบพัด (Adjusting the blade angle)

การปรับมุมอย่างต่อเนื่องผ่านความดันไดนามิกส์ หรือผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อมีความเร็วเกินกว่ากำหนดไว้ล่วงหน้า ช่วงการปรับที่ทำให้กังหันสามารถรับลมได้รวมถึงปรับให้อยู่ในตำแหน่งที่ไม่กินลม

ข. พับใบพัดไม่ให้กินลม (Lee fold – up method)

ผ่านความดันไดนามิกส์ ใบพัดของกังหันจะล็อคตำแหน่งที่ไม่กินลม

ค. ปรับภาระด้วยระบบอิเล็คทรอนิกส์(Electronic load regulation)

รักษาระดับความเร็วของกังหันลมให้คงที่ด้วยการติดภาระของโมเมนต์เพิ่ม

ง. การปรับใบพัด (Propeller Adjustment)

การติดใบพัดเยื้องศูนย์กลาง เพื่อให้กังหันสามารถพับไปด้านข้างหรือพับขึ้นเพื่อหันออกจากลมได้ (เช่น eclipse adjustment)แต่ต้องทำให้มีน้ำหนักไม่มาก

จ. ลดใบ โดยการลดใบพัดของกังหันลง โดยใช้ตัวเบรค machanical beakes แล้วพับเก็บโครงสร้างลง

2.6 การบันทึกข้อมูลและการจัดทำข้อมูล

2.6.1 ข้อมูลลม

เกณฑ์ที่สำคัญสำหรับพิจารณาสภาพของลม ณ ตำแหน่งที่ต้องการมี 2 อย่าง ได้แก่ ความเร็วลมและทิศทางของลม ถึงแม้ว่าทิศทางของกระแสลมจะมีความสำคัญน้อยกว่า เนื่องจากไม่มีความเปลี่ยนแปลงมากนัก ในช่วงเวลาสั้นๆ ความเร็วลม v_t จะเปลี่ยนแปลงเป็นช่วงกว้าง ดังนั้นสภาพของการณ์ของลมสามารถอธิบายได้จากวิธีทางสถิติคือ

จุดประสงค์การเก็บข้อมูลลมก็เพื่อจะทราบถึง

- แบบแผนลมรายวัน รายเดือน รายปี
- ช่วงเวลาที่ลมอ่อนและลมแรง
- ความเร็วสูงสุดของพายุ
- พลังงานลมที่ผลิตได้ต่อเดือนและต่อปี

การหาความเร็วลมในรายชั่วโมงหาได้ด้วยวิธี

- ค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่บันทึกทั้งชั่วโมง
- ค่าเฉลี่ยจากกราฟทั้งชั่วโมง
- ค่าเฉลี่ยจากกราฟสิบนาทีสุดท้าย
- เฉลี่ยจากการวัดความเร็วช่วงๆในหนึ่งชั่วโมง

เครื่องมือในการวัดลม

ในการวัดความเร็วของลม ส่วนมากใช้เครื่องวัดลมแบบลูกถ้วย (Cup anemometers) ซึ่งการทำงานของเครื่องมือนี้ไม่ขึ้นกับทิศทางของลมแต่ก็สามารถทราบทิศทางของลมได้โดยการติดหางเสือไว้ที่เครื่อง ถ้วยจะเป็นทรงกรวยหรือครึ่งวงกลม เมื่อรับลมจะหมุนมอเตอร์กระแสไฟตรง ซึ่ง

ป TJ
820
.V62ก
2548

4940023

13 ส.ค. 2549

สำนักหอสมุด

2.7 อุปกรณ์สำหรับแปลงพลังงานลมเป็นกระแสไฟฟ้า

2.7.1 การผลิตไฟฟ้าแรงดันต่ำ(low – voltage electricity)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ขนาดแรงดัน 12 และ 24 โวลต์ ใช้สำหรับช่วงแรงดันไฟต่ำ อาจใช้มอเตอร์ที่ใช้ในยานพาหนะทั่วไปนำมาดัดแปลงใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าแรงดันต่ำนี้ได้ด้วย ถึงแม้ว่าปกติจะไม่สามารถดัดแปลงให้เข้ากับกังหันได้ดี และยังมีประสิทธิภาพต่ำ(0.5 – 0.7)สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Dise rotor มีประสิทธิภาพมากกว่า 0.9 เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำเป็นต้องให้ความเร็วรอบสูงโดยทั่วไปจึงอาจเป็นไปไม่ได้ที่จะขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยตรง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ทำงานที่ความเร็วรอบต่ำๆ จะมีน้ำหนักมาก และเพราะน้ำหนักเหล่านี้ต้องถูกกำจัด การปรับทิศทางลมของระบบโดยรวมจึงทำได้ไม่ดี

2.7.2 การเก็บพลังงานไฟฟ้า

การเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ทำได้เพียงเฉพาะไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น ถ้าเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ จะต้องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงเสียก่อน สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงต้องการการดูแลรักษาเป็นอย่างดี เนื่องจากแปรงถ่านของคอมมูเตเตอร์ (ชุดอุปกรณ์สำหรับแปลงกระแสไฟฟ้าให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง)ชำรุดได้ง่าย

ข้อดี การนำแบตเตอรี่มาต่อกันแบบขนานเป็นวิธีง่ายๆ ในการเพิ่มความจุของการเก็บขึ้นอยู่กับการออกแบบ ซึ่งเหมาะกับการใช้แบบกระจายศูนย์(decentralized usage)

ข้อเสีย การลงทุนสูง อายุการใช้งานสั้น ต้องการการดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอ ความจุของการเก็บจำกัด และมีน้ำหนักมาก

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบของลักษณะและค่าต่างๆ ของแบตเตอรี่ทั้ง 3 ชนิด

	แบตเตอรี่ตะกั่ว	แบตเตอรี่ นิเกิล - แคดเมียม	แบตเตอรี่ อัลคาไลน์ - ซัลเฟอร์
ขนาดความจุ (max.capicity)	20 – 40 MWh	20 – 40 MWh	40 – 60 MWh
กำลังส่งสูงสุด (max.output)	10 – 20 MWh	10 – 20 MWh	10 – 20MWh
พลังงานจำเพาะ (Specific energy)	30Wh/kg	25Wh/kg	102 – 150Wh/kg
กำลังส่งจำเพาะ (Specific output)	20 W/kg	30 - 40W/kg	30 - 40W/kg
เวลาในการอัดไฟ (Charging time)	2 - 8ชั่วโมง	2 - 8ชั่วโมง	2 - 8ชั่วโมง
เวลาการใช้งาน (Discharg time)	4 - 10ชั่วโมง	4 - 10ชั่วโมง	4 - 14ชั่วโมง
ประสิทธิภาพ	80%	80%	70%
อุณหภูมิการทำงาน	บรรยากาศ	บรรยากาศ	บรรยากาศ
จำนวนไซเคิล	1500 - 2000	1500 – 2000	1500
อายุการใช้งาน	2 – 5 ปี	2 – 5 ปี	2 – 5 ปี

2.8 หลักการพื้นฐานทางกายภาพและทางเทคนิค(Physical and Technical Fundamentals)

2.8.1 กำลังลม (Wind Power - Pw)

ปริมาณพลังงานลมในหนึ่งหน่วยเวลา (กำลังลม) คำนวณได้จากสมการพื้นฐานของพลังงานจลน์ของลมที่มีความเร็ว v_1 คือ ½ . มวล . v_1^2 ซึ่งมวลของลมที่มีความหนาแน่น ρ_a ไหลด้วนความเร็ว v_1 แทนค่ามวลในพลังงานจลน์จะได้กำลังลมดังสมการ

$$Pw = \frac{1}{2} \times \rho_a \times A \times v_1^3$$

ความเร็วลมเฉลี่ย(Mean wind velocity - $\overline{v_1}$)

$$\overline{v_1} = \frac{1}{T} \times v_1(t) \times dt$$

2.8.2 คุณลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์

ในการเปรียบเทียบกังหันลมแต่ละชนิดนั้น จำเป็นที่จะต้องกำหนดและทราบถึงคุณลักษณะเฉพาะที่ใช้ ซึ่งค่าที่สำคัญได้แก่

สัมประสิทธิ์การใช้งาน (Performance Coefficient - Cp) คืออัตราส่วนระหว่างกำลังที่ได้จากกังหันลมกับกำลังลม ที่คำนวณได้จากสมการ Pw

$$Cp = \frac{1}{2} \times \rho_a \times A \times v_1^3$$

ดังนั้น Cp จะแสดงให้เห็นเพียงประสิทธิภาพของกังหัน โดยไม่สะท้อนให้เห็นถึงความสูญเสียที่เกิดจากฟันเฟือง กลไกส่งกำลัง แบริ่ง

ส่วนใหญ่เราจะหากำลังที่ได้ของกังหันลม โดยประมาณจากสูตรคือ

$$P_{out} \approx \frac{16}{27} \times \frac{1}{2} \times \rho_a \times A \times v_1^3$$

โดย $\rho a = 1.15$ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ $A = \pi.D^2/4$

โดยพื้นที่ A คือพื้นที่ซึ่งถูกกวาดเป็นวงด้วยใบกังหันและอยู่บนระนาบตั้งฉากกับทิศทางลม

สัมประสิทธิ์โดยรวมของกังหัน(Total Efficiency - η_{tot}) คืออัตรส่วนระหว่ากำลังสัมประสิทธิ์ที่ได้จากกังหัน P_{out} กับกำลังลม Pw ดังนั้นจะได้ว่า

$$\eta_{tot} = Cp \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_{ma}$$

2.9 การรับซื้อไฟฟ้าจากเอกชน

ตามแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของ กฟผ. ส่วนหนึ่งจะมีการรับซื้อไฟฟ้าจากเอกชนรายใหญ่ (IPP) และรายเล็ก (SPP) ซึ่งเป็นนโยบายที่รัฐบาลส่งเสริมให้เอกชนเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในกิจการไฟฟ้าของประเทศ โดยกำหนดให้ กฟผ.มีการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตเอกชนรายใหญ่ในระยะแรกปริมาณ 3,800 เมกะวัตต์ ซึ่งกฟผ. ได้ออกประกาศรับซื้อไฟฟ้าตั้งแต่วันที่ 15 ธันวาคม 2537 เป็นต้นมา แต่เนื่องจากความต้องการไฟฟ้าในช่วงเวลานั้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว คณะรัฐมนตรีได้มีมติให้เพิ่มการรับซื้อจากผู้ผลิตเอกชนรายใหญ่อีก 1,600 เมกะวัตต์ โดยให้อำนาจ กฟผ. พิจารณาเพิ่มลดได้ร้อนละ 20

เงื่อนไขในการรับซื้อไฟฟ้าจากโครงการผู้ผลิตเอกชนรายใหญ่ เป็นเงื่อนไขที่มีลักษณะสากล โดยมีสาระสำคัญดังนี้

1. ให้ผู้ผลิตเอกชนเป็นผู้เสนอพลังงานที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าโดยให้ความสำคัญกับเชื้อเพลิงที่สะอาดเป็นที่ยอมรับของประชาชน ราคามีเสถียรภาพมีความแน่นอนในการจัดหาและส่งเสริมนโยบายของรัฐในการกระจายแหล่งพลังงานของประเทศ ได้แก่ พลังงานนอกรูปแบบ (ไม่รวมนิวเคลียร์) ก๊าซธรรมชาติทั้งที่ผลิตในประเทศและนำเข้า ถ่านหิน อิมัลชั่น
2. ให้ผู้ผลิตเอกชนเป็นผู้เสนอฐานที่ตั้ง โดยกำหนดความสำคัญของพื้นที่ในภาพกว้างเบื้องต้นสอดคล้องตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ในการพัฒนาเมืองหลัก เมืองรอง เพื่อการกระจายความเจริญไปสู่ภูมิภาค ประกอบกับการพิจารณาแหล่งผู้ใช้ไฟฟ้า ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคตและระยะห่างจากระบบสายส่งของ กฟผ.
3. เนื่องจาก กฟผ.เป็นผู้สั่งให้เดินเครื่องไฟฟ้าและจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบไฟฟ้าจึงกำหนดโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งกำหนดจากต้นทุนในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าเอกชนและค่าใช้จ่ายคงที่อื่นๆ ซึ่งเรียกว่าค่าความพร้อมจ่ายและอีกส่วนหนึ่งกำหนดจากค่าเชื้อเพลิงและค่าใช้จ่ายผันแปรอื่นๆที่เกิดจากการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าระบบของกฟผ. ซึ่งเรียกว่าค่าพลังงานไฟฟ้า ทั้งนี้โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าในส่วนแรกเป็นค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่ายไม่ว่า กฟผ. จะสั่งเดินเครื่องจากผู้ผลิตเอกชนหรือไม่ แต่โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าในส่วนหลังเป็นค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการสั่งให้โรงไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าส่งเข้าระบบของ กฟผ. และจะผันแปรไปตามราคาเชื้อเพลิงเป็นหลัก (ในกรณีที่เป็นโรงไฟฟ้า กฟผ.เอง แม้ว่าโรงไฟฟ้าจะไม่เดินเครื่อง กฟผ.ก็ต้องจ่าย

ค่าดอกเบี้ย เงินต้นและค่าใช้จ่ายคงที่อื่นๆเช่นกัน ดังนั้นการจ่ายค่าความพร้อมจ่ายให้ไอพีพีจึงอยู่บนหลักการเดียวกัน)

4. ถ้าเกิดเหตุสุดวิสัยอันมีเหตุจากรัฐบาล เช่น กรณีรัฐบาลไม่อนุมัติให้สร้างโรงไฟฟ้าและกรณีรัฐบาลมีคำสั่งให้ กฟผ. ยกเลิกสัญญาซื้อขายไฟฟ้า จะมีผลกระทบดังนี้

กรณีที่ 1 หากหน่วยงานของรัฐไม่อนุมัติให้สร้างโรงไฟฟ้า ทั้งๆที่ผู้ผลิตเอกชนได้ปฏิบัติตามระเบียบแล้ว ผู้ผลิตเอกชนอาจถือว่าเป็นเหตุสุดวิสัยอันเนื่องมาจากงานของรัฐ ซึ่งจะมีผลดังนี้

- ผู้ผลิตเอกชนได้รับการขยายระยะเวลาในสัญญาฯเท่ากับระยะเวลาที่เกิดเหตุสุดวิสัย
- หากการเกิดเหตุสุดวิสัยไม่เกิน 1 ปี และทำให้ต้องเดินเครื่องล่าช้ากว่ากำหนด กฟผ.ต้องจ่ายค่าความพร้อมจ่ายแก่ผู้ผลิตเอกชนตั้งแต่วันที่กำหนดเดินเครื่องเชิงพาณิชย์
- หากการเกิดเหตุสุดวิสัยเกิน 1 ปี คู่สัญญาฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งสามารถบอดเลิกสัญญาได้และกฟผ. ต้องซื้อโรงไฟฟ้าของผู้ผลิตเอกชน

กรณีที่ 2 รัฐบาลมีคำสั่งให้ กฟผ. ยกเลิกสัญญาซื้อขายไฟฟ้า โดยผู้ผลิตเอกชนไม่ได้ทำผิดสัญญา กฟผ.อาจถือคำสั่งให้ยกเลิกสัญญาจากรัฐบาล คือเหตุสุดวิสัยที่ทำให้กฟผ. ไม่สามารถปฏิบัติตามได้ ดังนั้น กฟผ.มีสิทธิบอกเลิกสัญญาหากเหตุสุดวิสัยเกิดขึ้นนานกว่า 1 ปี ซึ่งจะมีผลดังนี้

- กฟผ. ต้องซื้อโรงไฟฟ้าจากผู้ผลิตเอกชน
- ผู้ผลิตเอกชนสามารถเรียกร้องค่าเสียหายตามกฎหมายได้ซึ่งอาจเป็นค่าใช้จ่ายต่างๆที่ผู้ผลิตเอกชนได้ลงทุนเพื่อดำเนินการตามโครงการ รวมทั้งค่าปรับและค่าขาดรายได้หรือค่าเสียโอกาส

5. ในทางตรงกันข้าม หากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนเป็นฝ่ายทำผิดสัญญา เช่นกรณีที่ไม่สามารถปฏิบัติให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่เป็นสาระสำคัญของสัญญาหรือไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบได้ตามกำหนดเวลา ซึ่งมีเหตุบกพร่องเกิดจากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนเอง กฟผ.จะผ่อนผันให้ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนมีการแก้ไขกรณีที่ผิดสัญญาได้ โดยมีระยะเวลาผ่อนผันสูงสุดไม่เกิน 240 วัน และหากพ้นกำหนดการผ่อนผัน กฟผ. สามารถยกเลิกสัญญาได้