บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

พลังงานที่นำมาใช้แทนพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งเป็นพลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในปัจจุบันโดยมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย และมีอยู่อย่างไม่จำกัด ซึ่งก็คือ พลังงานแสงอาทิตย์

2.1 พลังงานแสงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์แหล่งพลังงานหลักของโลก เราสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ประกอบด้วยกลุ่มของก๊าซร้อนมีรูปทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น 110 เท่าของโลก พลังงานที่กำเนิดแผ่พลังงานออกในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งสามารถวัดที่ภายนอกโลกด้วยดาวเทียมได้ ค่าความหนาแน่นกำลังงานเท่ากับ 1,353 วัตต์ต่อตารางเมตร เรียกค่านี้ว่า ค่าคงที่พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Constant) พลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอยู่บนพื้นโลก จะพบว่า ณ ตำแหน่งใด ๆ จะมีพลังงานแสงอาทิตย์ 2 แบบ คือ

1. พลังงานแสงอาทิตย์แบบตรง(Direct Radiation)มาจากการเดินทางของคลื่นที่นำพลังงานแสงอาทิตย์จากดวงอาทิตย์ตกกระทบ ณ ตำแหน่งนั้น ๆ โดยตรงจะปรากฏเงาขึ้นเมื่อมีการบังแสง

2. พลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจาย (Diffuse Radiation) เกิดจากพลังงานแสงอาทิตย์แนวตรงที่ถูกเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ โดยสภาพบรรยากาศ และ สภาพภูมิศาสตร์ ทำให้พลังงานแสง-อาทิตย์กระจัดกระจายทุกทิศทุกทาง เช่น ขณะที่อยู่ในร่มสามารถรับรู้ความร้อนและมีความสว่างเป็นผลมาจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจาย

ผลรวมของพลังงานแสงอาทิตย์แบบตรงและแบบกระจายจะเรียก พลังงานแสงอาทิตย์รวม Total Radiation หรือ Global Radiation ดังนั้น ในวันที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทั่วบริเวณ องค์ประกอบของพลังงานแสงอาทิตย์แบบตรงจะมีค่าเป็นศูนย์ มีแต่องค์ประกอบของพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจาย

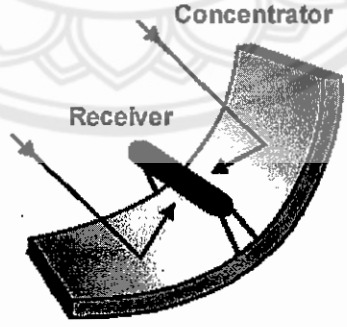
เราใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ตามสภาพธรรมชาติ เช่นใช้ในการทำเกลือนอกจากนั้นก็ใช้ในการอบหรือตากผลิตผลทางการเกษตร เช่นการทำเนื้อแห้ง ปลาแห้ง ผลไม้แห้งและการตากข้าว

ข้าวโพด มันสำปะหลัง ปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาเอาพลังงานจากดวงอาทิตย์มาใช้ โดยการสร้างแผงสำหรับความร้อนหรือเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อนำไปใช้ในการสูบน้ำ ไฟฟ้าแสงสว่าง โทรทัศน์ เป็นต้น ซึ่งทำให้เกิดเทคโนโลยีด้านพลังงานแสงอาทิตย์

2.2 เทคโนโลยีด้านพลังงานแสงอาทิตย์

เทคโนโลยีด้านพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นระบบการรวมแสงอาทิตย์ โดยใช้การหักเหแสงที่ตกกระทบแล้วสะท้อนให้รวมกันไปสู่เป้าขนาดเล็ก ทำให้รังสีของแสงมีความเข้มและอุณหภูมิสูงขึ้นเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานที่เหมาะสมต่อไปโดยมีเทคโนโลยีด้านพลังงานแสงอาทิตย์ต่าง ๆ ดังนี้

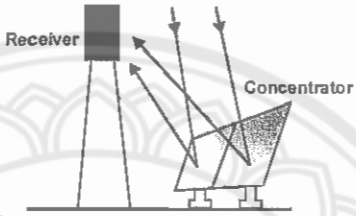
2.2.1 **Parabolic Trough** หลักการ คือ เป็นอ่างกระจกซึ่งมีลักษณะเป็นโค้งพาราโบลิกและมีท่อ ซึ่งเป็นจุดรวมของแสงที่สะท้อนจากกระจกพาราโบลิก แสดงดังรูปที่ 2.1 และภายในท่อจะมีของเหลวไหลผ่าน ของเหลวนี้จะรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถทำอุณหภูมิได้สูงถึง 390^{o}C และถูกปั๊มไปยังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อผลิตไอร้อนยิ่งยวด แล้วนำไปขับใบพัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า วิธีนี้ถูกสร้างขึ้นกลางปี พ.ศ. 2523 ใน Southern California สามารถให้กำลังไฟฟ้าออกมาได้ 354 MW และสามารถผลิตไฟฟ้าได้ขนาด 14-18 MW ในกรณีที่ไม่มีแสงอาทิตย์โดยใช้ก๊าซธรรมชาติ 25% มาเป็นแหล่งพลังงาน ราคาของ Parabolic Trough สูงกว่าแบบอื่น และมีขนาดใหญ่ แต่สามารถรวมแสงได้น้อยทำให้มีอุณหภูมิและประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำ



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของ Parabolic Trough

(ที่มา : http://acre.murdoch.edu.au/ago/thermal/hitemp.html)

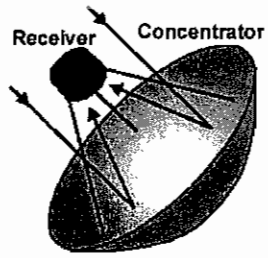
2.2.2 Power Towers วิธีนี้ใช้สนามวงกลม จัดเรียงเป็นแถว โดยใช้พื้นที่แต่ละอันมีขนาดใหญ่ เพื่อรวมแสงอาทิตย์ไปสู่ที่เก็บบนหอเก็บ แสดงดังรูปที่ 2.2 ซึ่งบนหอเก็บจะมีสารละลายของเกลือเป็นตัวรับความร้อน สารละลายของเกลือที่ถังเย็น (Cold tank) ที่อุณหภูมิ 288 ^{o}C ถูกปั๊มขึ้นไปไว้บนถังเก็บและรับความร้อนที่สะท้อนมาจาก Plate ที่อยู่ข้างล่าง ทำให้สารละลายของเกลือนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 565 ^{o}C และถูกส่งไปยังถังร้อน (Hot tank) และนำไปหมุน Generator ระยะเวลาที่ใช้ในการรับความร้อนอยู่ในช่วง 3 - 13 ชั่วโมง ปัจจุบันได้มีการออกแบบทดสอบหาประสิทธิภาพและกำลังการผลิต สรุปได้ว่าสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 30-200 MW



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของ Power Towers

(ที่มา : http://acre.murdoch.edu.au/ago/thermal/hitemp.html)

2.2.3 Dish/Engine ระบบนี้มีการจัดเรียงของจานพาราโบลิก จานนี้ทำหน้าที่รวมพลังงานแสงอาทิตย์ไปยังจุดรวมทำให้มีอุณหภูมิสูงถึง 750 ^{o}C แสดงดังรูปที่ 2.3 หลักการนี้ได้นำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในเครื่องยนต์ขนาดเล็ก และมีการนำไปใช้กับเครื่องยนต์สเตอริง ระบบสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 7-25 kW มีการสูญเสียความร้อนน้อยทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง ระบบนี้เริ่มมีการใช้ในปี พ.ศ. 2541 เริ่มมีการผลิตในเชิงพาณิชย์ปี พ.ศ. 2542 และใช้กันอย่างแพร่หลายในปี พ.ศ. 2543 ระบบผลิตกำลังไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ของ Dish/stirling ประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ จานรวมแสง(Concentrator),ช่องเก็บแสง(Receiver) และเครื่องยนต์สเตอริง(Stirling Engine)ที่ต่อพ่วงกับเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของ Dish/Engine

(ที่มา : http://acre.murdoch.edu.au/ago/thermal/hitemp.html)

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของระบบการรวมแสงอาทิตย์แบบ Parabolic Trough , Power Towers และ Dish/Engine

การเปรียบเทียบ	Parabolic Trough	Power Towers	Dish/Engine
การทำงาน	เคลื่อนไหว	ไม่เคลื่อนไหว	เคลื่อนไหว
ขนาด	ใหญ่	ใหญ่	เล็ก
การรับแสงอาทิตย์	รังสีตรงและกระจาย	รังสีตรงและกระจาย	รังสีตรงอย่างเดียว
การระบายความร้อน	ยาก	ยาก	ง่าย
อุณหภูมิ	ต่ำ	ต่ำ	สูง
การสูญเสียความร้อน	มาก(พื้นที่ใหญ่)	มาก(พื้นที่ใหญ่)	น้อย(พื้นที่เล็ก)
ต้นทุน	ต่ำ	ต่ำ	สูง
ค่าแรงงาน	ต่ำ	ต่ำ	สูง

2.2.3.1 จานรวมแสง (Concentrator)

จานรวมแสงอาทิตย์ของ Dish/Stirling จะใช้การประยุกต์การรวมแสงไปที่จุดโฟกัสผิวหน้าสะท้อนทำจาก Glass metallized หรือ พลาสติก การสะท้อนของแสงอาทิตย์ไปยังส่วนเล็ก ๆ ที่เรียกว่า โฟกัส โดยเครื่องรวมแสง สำหรับระบบ Dish/Stirling คือ ต้องการส่งกำลังและประสิทธิภาพของกำลังสูงสุดโดยมีเทคโนโลยีมากมาย เช่น 5 kW_e ของระบบ Dish/Stirling ต้องใช้เครื่องรวมแสงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 เมตร และ 25 kW_e ของระบบ Dish/Stirling ต้องใช้เครื่องรวมแสงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.0 เมตรโดยวัสดุที่ใช้ทำผิวสะท้อนแสง คือ อะลูมิเนียมหรือเงิน โดยวัสดุทั้ง 2 อันนี้จะติดด้านหน้าและด้านหลังของแก้วหรือพลาสติก กระจกทำจากแก้วบาง ซึ่งผิวหน้าฉาบด้วยเงิน การออกแบบบางครั้งใช้ฟิล์มพอลิเมอร์กับอะลูมิเนียมหรือเงิน โดยทั้ง 2 อันจะถูกฉาบลงบนด้านหน้าหรือด้านหลังของแก้วหรือพลาสติก

รูปร่างทางอุดมคติการสะท้อนของผิวของจานรวมแสงอาทิตย์คือพาราโบลอยด์(Paraboloid) รูปแบบนี้เป็นอุดมคติเพราะการสะท้อนแสงของพาลาโบลอยด์เกิดจากการรวมการแผ่รังสีทุกๆ ทางของแสงอาทิตย์ไปยังส่วนรับที่จุดโฟกัสของระบบ ในทางปฏิบัติการรวมแสงของกระจกแบบรูปทรงกลมก็เหมือนกับแบบพาราโบลอยด์ ซึ่งใช้กระจกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก ๆ หลาย ๆ อัน (แต่ละอันจะมีความโค้งของกระจกรูปแบบเดียว) มาเรียงต่อกันบนโครงสร้าง ให้เป็นทรงกลม เครื่องรวมแสงบางตัวสำหรับ Dish/Stirling ใช้กระจกทรงกลมหลาย ๆ อัน ที่ถูกเจียระไนผิวหน้าคล้ายกับพาราโบลอยด์ การออกแบบนั้น พยายามทำให้สามารถรวมแสงได้สูงสุด โดยใช้เซลล์ Membranes ปิดช่องว่างแล้วทำให้ช่องว่างนั้นเป็นสุญญากาศ ซึ่งจะทำให้เกิดการโค้งของเซลล์

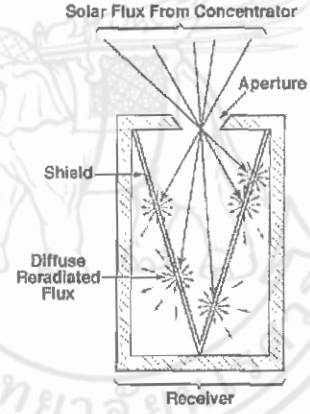
Membranes ในการรับแสง ระบบนี้สามารถติดตั้งระบบติดตามดวงอาทิตย์ เพื่อรับแสงลงมาตรง ๆ รูปร่างของตัวรวมแสงจะรวมแสงลงมาบนจานแล้วสะท้อนแสงอาทิตย์ขึ้นไปยังช่องเก็บซึ่งตั้งอยู่บนจุดโฟกัสของชุดรวมแสงโดยค่าการรวมแสงสูงสุดจะมากที่สุดเมื่อใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์และสามารถเคลื่อนที่ได้ 2 แกน โดยมี Tracking 2 แบบ คือ

1. Azimuth-elevation tracking จะมีการหมุนในแกนที่ขนานกับโลก (azimuth) และระนาบที่ตั้งฉากกับแกนโลก (elevation) ซึ่งหมุน-ขึ้นลงและซ้าย-ขวา

2. Polar traeking method คือ หมุนบนแกนขนานกับแกนโลก โดยมีอัตราการหมุน 15 องศาต่อชั่วโมง

2.2.3.2 ช่องเก็บแสง (Receiver)

ช่องเก็บดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งได้จากการรวมแสงพลังงานความร้อนจะเกิดขึ้นกับก๊าซทำงานซึ่งอยู่ในเครื่องยนต์สเตอริง แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงรูปร่างลักษณะของช่องเก็บแสง

(ที่มา : http://www.nasatech.com/Briefs/Mar98/MSC22553.html)

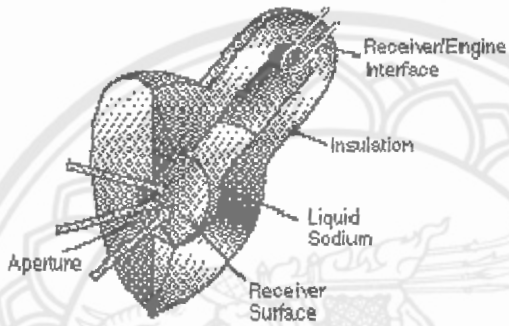
ช่องเก็บแสง มี 2 หน้าที่คือ การดูดซับการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ ซึ่งสะท้อนมาจากเครื่องรวมแสงอาทิตย์ และ การส่งผ่านความร้อนไปยังก๊าซทำงาน

การรวมแสงตามความเป็นจริงไม่มีรูปแบบไหนหรือรูปร่างไหนสมบูรณ์ ดังนั้นจึงพยายามที่จะทำให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ก็คือการรวมแสงสูงสุดเกิดขึ้นที่ตรงกลาง ช่องสำหรับยอมให้แสงผ่านเข้ามาจะมีตัวดูดซับ เพื่อทำหน้าที่ลดความเข้มแสงอาทิตย์ โดยระหว่างช่องและตัวดูดซับจะมีฉนวนเพื่อลดความร้อนสูญเสีย ช่องเก็บมีขนาดใหญ่พอที่จะยอมให้แสงที่ถูกรวมผ่านเข้ามา

การดูดซับแสงอาทิตย์ส่งไปยังก๊าซทำงานของเครื่องยนต์สเตอริง รูปแบบในตอนแรก คือ รับมาตรง ๆ แล้วส่งไปยังท่อเลยแล้วภายในจะมีก๊าซทำงานไหลผ่านอยู่ วิธีอื่น ๆ คือใช้Liquid-metal

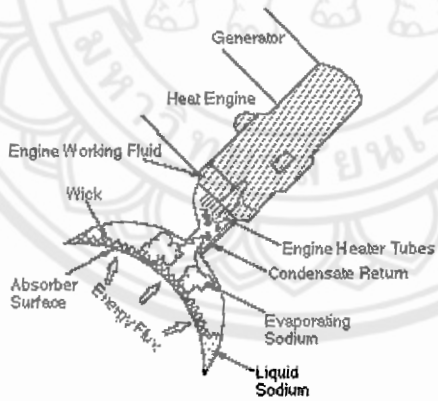
เป็นตัวกลางของการส่งผ่านความร้อน Liquid-metal ถูกทำให้เป็นไอที่เครื่องดูดซับแล้วควบแน่นในท่อ ซึ่งเรียกว่า Reflux Receiver เพราะว่าไอควบแน่นแล้วไหลกลับไปรับความร้อนอีกครั้ง

สำหรับการออกแบบที่ใช้ Liquid-metal เป็นตัวกลางมี 2 วิธีคือ Pool boilers และHeat pipes โดยวิธีแรกคือ Pool boilers จะใช้ Liquid-metal สัมผัสกับตัวดูดซับทำให้ Liquid-metal กลายเป็นไอ และ ใช้ไอในการแลกเปลี่ยนความร้อน แสดงดังรูปที่ 2.5 ส่วนวิธีที่ 2 คือนำไส้ตะเกียงไปติดที่ทางกลับของเครื่องดูดซับ โดยอาศัยแรงที่เกิดจากการดูดซึม แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของ Reflux pool-boil receiver

(ที่มา : Solar Thermal Electricity Generation , Chairman of the 'summer School' Organizing Committee Almeria)



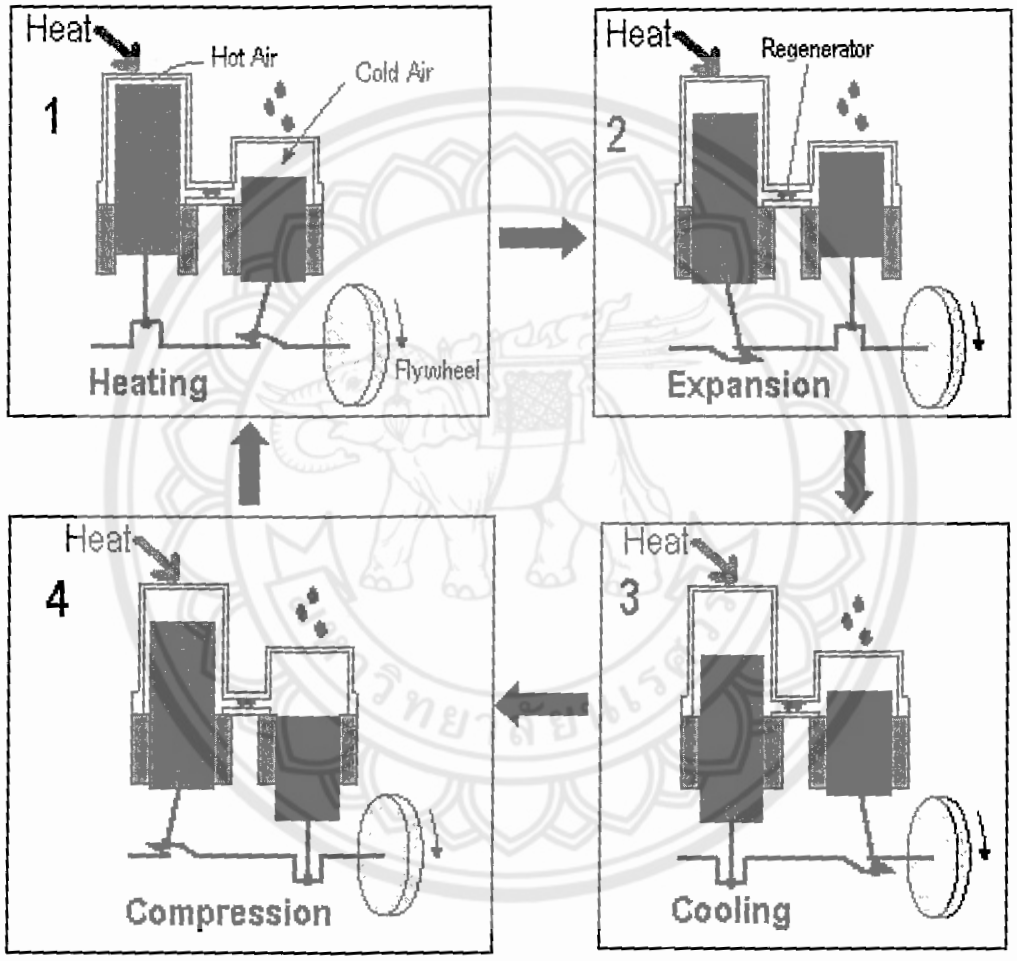
รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของ Reflux heat-pipe receiver

(ที่มา : Solar Thermal Electricity Generation , Chairman of the 'summer School' Organizing Committee Almeria)

2.2.3.3 เครื่องยนต์สเตอริง (Stirling Engine)

เครื่องยนต์สเตอริงประกอบด้วยก๊าซทำงานของไฮโดรเจนหรือฮีเลียม ซึ่งอาศัยการทำงานแบบสลับกันระหว่างการทำให้ก๊าซทำงานร้อนและก๊าซทำงานเย็น ถูกเรียกว่า ก๊าซทำงาน เพราะว่า

เป็นวัฏจักรที่ต่อเนื่องกันตลอด ซึ่งอยู่ในเครื่องยนต์ และ ไม่หมดเปลืองไป หลักการทำงานของเครื่องยนต์สเตอริง คือ หดตัวเมื่อเย็น และ ขยายตัวเมื่อร้อน สามารถผลิตกำลังได้โดยอาศัยความดันของการขยายตัวของก๊าซร้อนและการหดตัวของก๊าซเย็นความดันจะเพิ่มขึ้น และจะตกบนลูกสูบของเครื่องยนต์ การเคลื่อนที่ของลูกสูบจะถูกเปลี่ยนแปลงส่งไปเป็นกำลังของเครื่องยนต์ แสดงดังรูปที่ 2.7 เครื่องยนต์สเตอริงบางเครื่องแยกเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า แต่ในปัจจุบันนั้นชุดเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้ากระแสสลับอยู่ติดกับเครื่องยนต์ซึ่งเรียกว่า Converter Power Comersion unit



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะของการทำงานของเครื่องยนต์สเตอริง

(ที่มา : http://www.bekkoame.or.jp/~khirata/english/anime_a.htm)

2.3 ทฤษฎีการออกแบบชุดรวมแสงแบบ Dish/stirling

จานรวมแสง ทำหน้าที่ ในการรับและรวมแสงอาทิตย์ไปสู่เครื่องเก็บ ซึ่งสามารถดูดซับพลังงานเหล่านี้ และ ส่งต่อไปยังเครื่องยนต์สเตอริง พลังงานที่นำไปขับเครื่องยนต์ ถูกเรียกว่า พลังงานใช้งาน (Q_{useful}) โดยสามารถใช้ทฤษฎีสมดุลพลังงานของการรวมแสงอาทิตย์

2.3.1 สมดุลพลังงานของการรวมแสงอาทิตย์

สมการสมดุลพลังงานอย่างง่าย ๆ ถูกเรียกว่า สมการการรวมแสงอาทิตย์พื้นฐาน ซึ่งได้อธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีภายใต้เกณฑ์การออกแบบของจานรวมแสง และ ช่องเก็บแสง สมการนี้ครอบคลุมถึงคุณสมบัติของระบบการเก็บสะสมของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมดและแนะนำการออกแบบระบบ Dish/stirling สมการการรวมแสงอาทิตย์พื้นฐานนี้ คือ

$$\dot{Q}_{useful} = I_{b,n} A_{app} E(\cos\theta_i)\ \rho\ \phi\ \tau\ \alpha\ - A_{rec}[h(T_{rec}-T_{amb}) + \sigma\varepsilon(T^4_{rec}-T^4_{amb})] \quad \ldots(2.1)$$

โดยที่

A_{app} = พื้นที่ผิวสะท้อนแสง (m^2)

A_{rec} = พื้นที่รับแสงของช่องเก็บแสง (m^2)

E = อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ที่ไม่โดนบังแสงต่อพื้นที่ผิวสะท้อนแสงทั้งหมด

ε = สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน

$I_{b,n}$ = ค่าคงที่พลังงานแสงอาทิตย์ (W/m^2)

$\dot{Q}_{useful}$ = กำลังทางความร้อนที่ได้จากช่องเก็บแสง (W)

T_{amb} = อุณหภูมิของอากาศภายนอก (K)

T_{rec} = อุณหภูมิของอากาศภายในช่องเก็บแสง (K)

h = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ซึ่งมาจากการพาและการนำความร้อน (W/m^2-K)

α = ประสิทธิภาพการดูดซับของช่องเก็บแสง

τ = ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนระหว่างช่องเก็บแสง กับตัวดูดซับความร้อน

θ_i = มุมระหว่างเส้นตั้งฉากจานรับแสงกับรังสีของแสงอาทิตย์ (องศา)

ρ = ประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของผิวสะท้อนแสง

σ = ค่าคงที่ของการถ่ายเทพลังงานและการแผ่รังสีของ Stefan-Boltzmann ($W/(m^2 \cdot K^4)$)

ϕ = อัตราส่วนของแสงสะท้อนที่เข้าช่องเก็บแสงต่อแสงสะท้อนทั้งหมด

จากสมการสมดุลพลังงานของการรวมแสงอาทิตย์ดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าพื้นที่ของช่องเก็บแสงมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ของจานรวมแสง เรียกว่า อัตราส่วนพื้นที่การรวมแสง (Geometric concentration ratio) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$CR_g = A_{app}/A_{rec} \qquad \ldots(2.2)$$

อย่างไรก็ตาม ต้องมีการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่การรวมแสง และ การลดราคาจานรวมแสง เพราะ จานรวมแสงที่อัตราส่วนพื้นที่การรวมแสงสูง ต้องมีวิธีการผลิตที่ละเอียด โดยทั่วไปมีความสัมพันธ์กับราคาคือ ถ้าพื้นที่การรวมแสงยิ่งสูงขึ้น จะทำให้ราคาจานรวมแสงสูงตามไปด้วย

จากสมการที่ 2.1 เราสามารถหาค่าพื้นที่ผิวสะท้อนแสงได้ ต่อจากนั้นเราจึงหาขนาดรูปทรงของจานรวมแสง ซึ่งอยู่ในหัวข้อต่อไป

2.3.2 จานรวมแสงแบบพาราโบลอยด์ (Paraboloid)

พาราโบลอยด์ คือ พื้นผิวที่เกิดจากการหมุนของพาราโบลารอบแกนหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 2.8 ผลที่ได้ก็คือ ลำแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นลำแสงขนานตกกระทบลงมาที่จานรับแสง แล้วสะท้อนไปรวมสู่จุด ๆ หนึ่งที่ เรียกว่า จุดโฟกัส จานพาราโบลิกเป็นส่วนหนึ่งของพาราโบลอยด์ และ ได้อธิบายความสัมพันธ์ในรูปโคออร์ดิเนต X , Y , Z ดังนี้

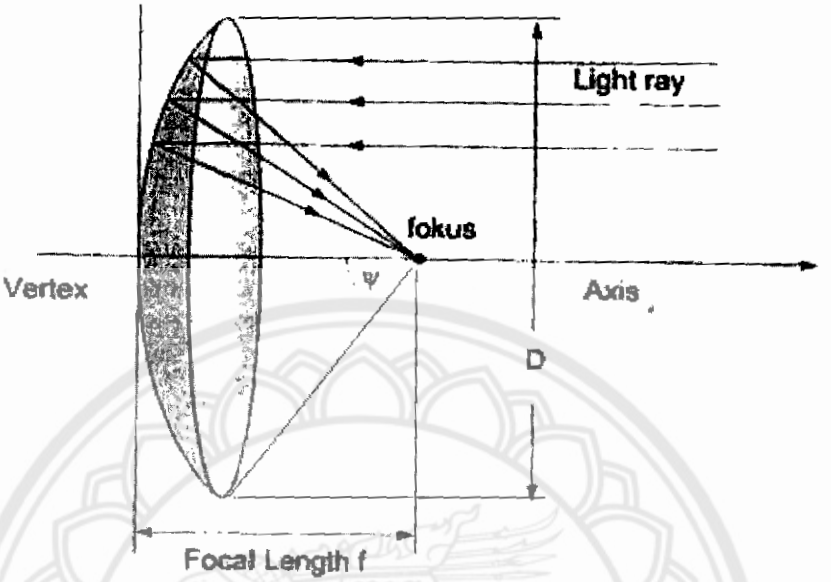
$$X^2 + Y^2 = 4fZ \qquad \ldots(2.3)$$

โดย X และ Y เป็นโคออร์ดิเนตที่อยู่บนระนาบของช่องเก็บแสง

Z เป็น ระยะจากจุดที่ลำแสงขนานมารวมตัวกันถึงผิวของพาราโบลอยด์ ซึ่ง ถูกเรียกว่า ความยาวโฟกัส (*f*)

อัตราส่วนระหว่าง ความยาวโฟกัส ต่อ เส้นผ่านศูนย์กลาง (*f*/D) หมายถึง รูปร่างของพาราโบลอยด์ และความสัมพันธ์ของตำแหน่งโฟกัส รูปทรงนี้ สามารถอธิบายโดยมุมขอบ(Ψ_{rim}) มุมนี้วัดจาก จุดโฟกัสที่แกนไปถึงขอบของจานสะท้อนแสง มุมขอบโดยทั่วไป มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 90 องศา ถ้ามุมขอบเล็ก หมายความว่า รูปทรงพาราโบลอยด์แตกต่างเล็กน้อย เมื่อเทียบกับรูปทรงกลม

ความสัมพันธ์ระหว่าง f/D กับ มุมขอบ เป็นดังนี้



รูปที่ 2.8 แสดงรูปพาราโบลอยด์ซึ่งเกิดจากการหมุนพาราโบลารอบแกน Z

(ที่มา : Solar Thermal Electricity Generation , Chairman of the 'summer School' Organizing Committee Almeria)

$$f/D = 1/(4\tan(\Psi_{rim}/2)) \qquad \ldots(2.4)$$

ระบบ Dish/Engine เป็นระบบที่มีขนาดเล็ก เหมาะสำหรับเครื่องยนต์ขนาดเล็ก ใช้กำลังในการเดินเครื่องน้อย ใช้พื้นที่ในการติดตั้งระบบแบบนี้น้อย ระบบแบบนี้จะมีประสิทธิภาพมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับชิ้นส่วนสำคัญ คือ เครื่องรวมแสง