

Đề tài
Thiết kế nhà máy
nhiệt điện Mặt Trời
dạng Stirling dish

LỜI NÓI ĐẦU

Trước nguy cơ ngày càng khan hiếm và cạn kiệt các nguồn nhiên liệu hóa thạch trong khi nhu cầu về năng lượng của con người ngày càng tăng thì việc tìm kiếm và khai thác các nguồn năng lượng mới như năng lượng địa nhiệt, năng lượng gió, năng lượng mặt trời,..v.v.. là hướng quan trọng và cấp bách trong kế hoạch phát triển năng lượng hiện nay.

Năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng được coi là vô tận và siêu sạch mà tạo hóa đã ban tặng miễn phí cho trái đất chúng ta. Việc nghiên cứu và đưa vào sử dụng nguồn năng lượng mặt trời ngày càng được quan tâm và phát triển mạnh mẽ. Ngay tại Việt Nam chúng ta việc áp dụng nguồn năng lượng khá mới mẻ này vào phục vụ đời sống sinh hoạt của chúng ta là điều vô cùng cần thiết. Nguồn năng lượng này có thể tháo gỡ được một phần nào đó bài toán thiếu hụt năng lượng trầm trọng hiện nay đặc biệt đây lại là nguồn năng lượng thân thiện với môi trường.

Việt Nam là một nước nhiệt đới, nằm ở vành đai nội chí tuyến nên tổng số giờ nắng trong năm lớn, ở khu vực Miền Trung có khoảng 2900 giờ nắng và với cường độ bức xạ tương đối cao, lên đến $950W/m^2$ do đó rất thuận lợi cho việc triển khai ứng dụng các thiết bị sử dụng năng lượng mặt trời.

Với mục tiêu chính là nghiên cứu về nguồn năng lượng Mặt Trời và thiết kế hệ thống nhà máy nhiệt điện Mặt Trời nên em đã chọn đề tài “Thiết kế nhà máy nhiệt điện Mặt Trời dạng Stirling dish” cho đề tài tốt nghiệp của mình.

Mặc dù đã rất cố gắng hoàn thành đề tài, nhưng do bước đầu làm quen với việc nghiên cứu khoa học, trình độ bản thân còn hạn chế nên đề tài này không thể tránh khỏi những sai sót. Rất mong được sự thông cảm và góp ý của quý thầy cô để đề tài này được hoàn thiện hơn.

Qua đây em xin chân thành cảm ơn đến tất cả quý thầy cô trong khoa Điện – Điện tử trường Đại Học Bình Dương đã tạo điều kiện và giúp đỡ cho em hoàn thành đề tài này, đặc biệt em cảm ơn đến ThS. Phạm Quang Minh thầy đã bỏ công sức và thời gian hướng dẫn trong suốt quá trình thực hiện đề tài của em.

Chân thành cảm ơn!

Sinh viên thực hiện
Hà Văn Hữu

CHƯƠNG 1

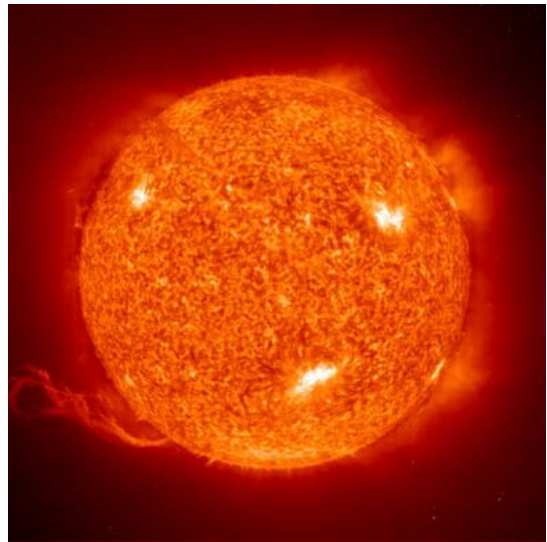
TỔNG QUAN VỀ NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

1.1. KHÁI QUÁT VỀ MẶT TRỜI VÀ KHÍ QUYỂN TRÁI ĐẤT.

Mặt trời là ngôi sao nằm ở trung tâm của Hệ Mặt Trời, Trái đất và các thiên thể khác như các hành tinh, tiểu hành tinh, thiên thạch, sao chổi và bụi bay xung quanh Mặt trời. Năng lượng Mặt trời ở dạng ánh sáng hỗ trợ cho hầu hết sự sống trên Trái đất thông qua quá trình quang hợp và điều khiển khí hậu cũng như thời tiết trên Trái đất. Dưới đây xin giới thiệu sơ lược về sự liên quan chặt chẽ giữa Mặt trời và Trái đất của chúng ta.

1.1.1. Cấu trúc Mặt trời [4].

Mặt trời là một khối khí hình cầu có đường kính $1,39.10^6$ km (lớn hơn 110 lần đường kính Trái đất), cách xa trái đất 150.10^6 km (bằng một đơn vị thiên văn AU ánh sáng, mặt trời cần khoảng 8 phút để vượt qua khoảng cách này đến trái đất). Khối lượng Mặt trời khoảng $M_0 = 2.10^{30}$ kg. Nhiệt độ T_0 tại trung tâm mặt trời thay đổi trong khoảng từ 10.10^6 K đến 20.10^6 K, trung bình khoảng 15600000 K. Ở nhiệt độ như vậy vật chất không thể giữ được cấu trúc trật tự thông thường gồm các nguyên tử và phân tử. Nó trở thành plasma trong đó các hạt nhân của nguyên tử chuyển động tách biệt với các electron. Khi các hạt nhân tự do có va chạm với nhau sẽ xuất hiện những vụ nổ nhiệt hạch. Khi quan sát tính chất của vật chất nguội hơn trên bề mặt nhìn thấy được của Mặt trời, các nhà khoa học đã kết luận rằng có phản ứng nhiệt hạch xảy ra ở trong lòng Mặt trời.

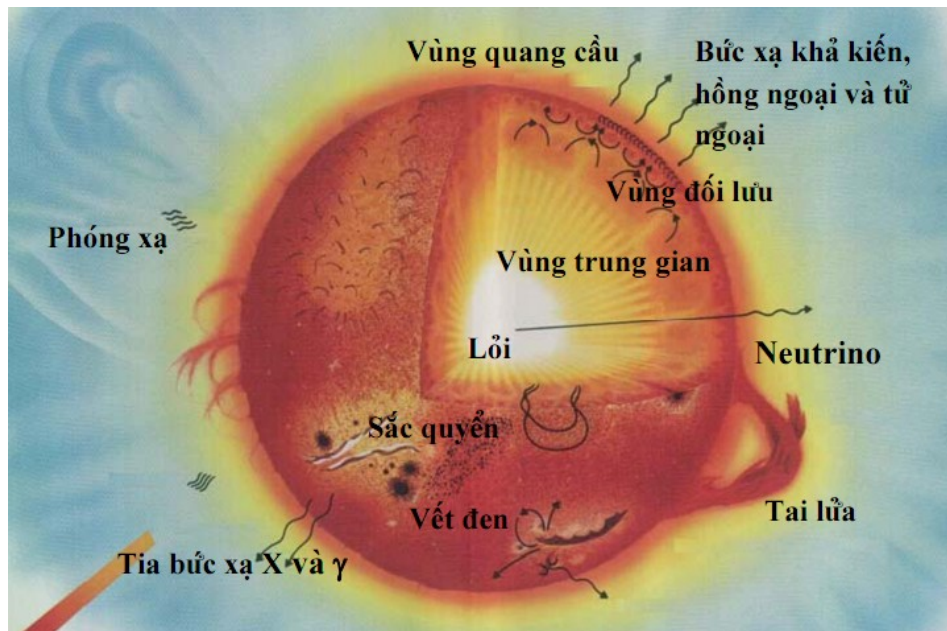


Hình 1.1.1. Hình ảnh bên ngoài Mặt trời

Về cấu trúc, Mặt trời có thể chia làm 4 vùng, tất cả hợp thành một khối cầu khí khổng lồ. Vùng giữa gọi là nhân hay “lõi” có những chuyển động đối lưu, nơi xảy ra những phản ứng nhiệt hạt nhân tạo nên nguồn năng lượng Mặt trời, vùng này có bán kính khoảng 175.000km, khối lượng riêng 160kg/dm^3 , nhiệt độ ước tính từ 14 đến 20 triệu độ, áp suất vào khoảng hàng trăm tỷ atm. Vùng kế tiếp là vùng trung gian còn gọi là vùng “đối lưu” qua đó năng lượng truyền

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP: THIẾT KẾ NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN MẶT TRỜI.

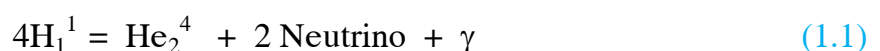
từ trong ra ngoài, vật chất ở vùng này gồm có sắt (Fe), can xi (Ca), natri (Na), stronti (Sr), crôm (Cr), niken (Ni), cacbon (C), silic (Si) và các khí như hiđrô (H₂), hêli (He), chiều dày vùng này khoảng 400.000km. Tiếp theo là vùng “đổi lưu” dày 125.000km và vùng “quang cầu” có nhiệt độ khoảng 6000K, dày 1000km. Ở vùng này gồm các bọt khí sôi sục, có chỗ tạo ra các vết đen, là các hố xoáy có nhiệt độ thấp khoảng 4500K và các tai lửa có nhiệt độ từ 7000K -10000K. Vùng ngoài cùng là vùng bất định và gọi là “khí quyển” của Mặt trời.



Hình 1.1.2. Cấu trúc của Mặt trời (hình vẽ bởi NASA).

Nhiệt độ bề mặt của Mặt trời khoảng 6000K, chính xác là 5762K nghĩa là có giá trị đủ lớn để các nguyên tử tồn tại trong trạng thái kích thích, đồng thời đủ nhỏ để ở đây thỉnh thoảng lại xuất hiện những nguyên tử bình thường và các cấu trúc phân tử. Dựa trên cơ sở phân tích các phổ bức xạ và hấp thụ của Mặt trời người ta xác định được rằng trên Mặt trời có ít nhất 2/3 số nguyên tố tìm thấy trên Trái đất. Nguyên tố phổ biến nhất trên Mặt trời là nguyên tố nhẹ nhất Hydro. Vật chất của Mặt trời bao gồm chừng 92,1% là Hydro và gần 7,8% là Hêli, 0,1% là các nguyên tố khác. Nguồn năng lượng bức xạ chủ yếu của Mặt trời là do phản ứng nhiệt hạch tổng hợp hạt nhân Hydro, phản ứng này đưa đến sự tạo thành Hêli. Hạt nhân của Hydro có một hạt mang điện dương là proton.

Thông thường những hạt mang điện cùng dấu đẩy nhau, nhưng ở nhiệt độ đủ cao chuyển động của chúng sẽ nhanh tới mức chúng có thể tiến gần tới nhau ở một khoảng cách mà ở đó có thể kết hợp với nhau dưới tác dụng của các lực hút. Khi đó cứ 4 hạt nhân Hyđrô lại tạo ra một hạt nhân Hêli, 2 neutrino và một lượng bức xạ γ :

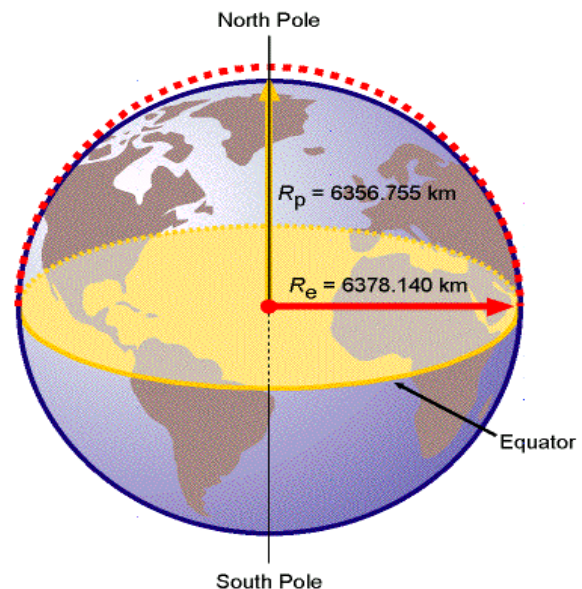


Neutrino là hạt không mang điện, rất bền và có khả năng đâm xuyên rất lớn. Sau phản ứng các Neutrino lập tức rời khỏi phạm vi Mặt trời và không tham gia vào các “biến cố” sau đó.

Trong quá trình diễn biến của phản ứng có một lượng vật chất của Mặt trời bị mất đi. Khối lượng của Mặt trời do đó mỗi giây giảm chừng 4.10^6 tấn, tuy nhiên theo các nhà nghiên cứu, trạng thái của Mặt trời vẫn không thay đổi trong thời gian hàng tỷ năm nữa. Mỗi ngày Mặt trời sản xuất một nguồn năng lượng qua phản ứng nhiệt hạch lên đến 9.10^{24} kWh (tức là chưa đầy một phần triệu giây mặt trời đã giải phóng ra một lượng năng lượng tương đương với tổng số điện năng sản xuất trong một năm trên Trái đất).

1.1.2. Khí quyển của Trái đất [3].

Trái đất được hình thành cách đây gần 5 tỷ năm từ một vành đai bụi khí quay quanh Mặt trời, kết tụ thành một quả cầu xộp tự xoay và quay quanh Mặt trời. Lực hấp dẫn ép quả cầu co lại, khiến nhiệt độ nổ tăng lên hàng ngàn độ, làm nóng chảy quả cầu, khi đó các nguyên tố nặng như Sắt và Niken chìm dần vào tâm tạo lõi quả đất, xung quanh là magma lỏng, ngoài cùng là khí quyển sơ khai gồm H_2 , He, H_2O , CH_4 , NH_3 và H_2SO_4 . Trái Đất tiếp tục quay, tỏa nhiệt và nguội dần.



Hình 1.1.3. Hình ảnh của Trái Đất.

Cách đây 3,8 tỷ năm nhiệt độ đủ nguội để Silicat nổi lên trên mặt magma rồi đông cứng lại, tạo ra vỏ Trái đất dày khoảng 25km, với núi cao, đất bằng và hố sâu. Năng lượng phóng xạ trong lòng đất với bức xạ Mặt trời tiếp tục gây ra các biến đổi địa tầng, và tạo ra thêm H_2O , N_2 , O_2 , CO_2 trong khí quyển.

Khí quyển nguội dần đến độ nước ngưng tụ, gây ra mưa kéo dài hàng triệu năm, tạo ra sông hồ, biển và đại dương.

Trái đất là hành tinh lớn nhất trong số các hành tinh bên trong của Hệ Mặt trời với đường kính tại xích đạo 12.756 km. Nhìn từ không gian, Trái đất có màu xanh, nâu và xanh lá cây với những đám mây trắng thường xuyên thay đổi. Bề mặt Trái đất có một đặc tính mà không một hành tinh nào khác có: hai trạng

thái của vật chất cùng tồn tại bên nhau ở cả thể rắn và thể lỏng. Vùng ranh giới giữa biển và đất liền là nơi duy nhất trong vũ trụ có vật chất hiện hữu ổn định trong cả 3 thể rắn, lỏng và khí.

Hành tinh Trái đất di chuyển trên một quỹ đạo gần ellip, mặt trời không ở tâm của ellip, mà là tại một trong 2 tiêu điểm. Trong thời gian một năm, có khi Trái đất gần, có khi xa Mặt trời đôi chút, vì quỹ đạo ellip của nó gần như hình tròn. Hàng năm, vào tháng giêng, trái đất gần Mặt trời hơn so với vào tháng 7 khoảng 5 triệu km, sự sai biệt này quá nhỏ so với khoảng cách mặt trời đến Trái đất. Chúng ta không cảm nhận được sự khác biệt này trong một vòng quay của Trái đất quanh Mặt trời, hay trong một năm, sự khác biệt về khoảng cách này hình như không ảnh hưởng gì đến mùa đông và mùa hè trên Trái đất, chỉ có điều là vào mùa đông chúng ta ở gần Mặt trời hơn so với mùa hè chút ít.

Trái đất chuyển động quanh mặt trời, đồng thời nó cũng tự quay quanh trục của nó. Trong thời gian quay một vòng quanh Mặt trời, trái đất quay 365 và 1/4 vòng quanh trục. Chuyển động quay quanh Mặt trời tạo nên bốn mùa, chuyển động quay quanh trục tạo nên ngày và đêm trên Trái đất. Trục quay của Trái đất không thẳng góc với mặt phẳng quỹ đạo, bởi thế chúng ta có mùa đông và mùa hè. Trái đất quay, vì thế đối với chúng ta đứng trên Trái đất có vẻ như các vì sao cố định được gắn chặt với quả cầu bầu trời quay xung quanh chúng ta. Chuyển động quay của Trái đất không quá nhanh để lực ly tâm của nó có thể bắn chúng ta ra ngoài không gian. Lực ly tâm tác dụng lên mọi vật cùng quay theo Trái đất, nhưng vô cùng nhỏ. Lực ly tâm lớn nhất ở xích đạo, nó kéo mọi vật thể lên phía trên và làm chúng nhẹ đi chút ít. Vì thế, mọi vật thể ở xích đạo cân nhẹ hơn năm phần ngàn so với ở hai cực. Hậu quả của chuyển động quay làm cho Trái đất không còn đúng là quả cầu tròn đều nữa mà lực ly tâm làm cho nó phình ra ở xích đạo một chút. Sự sai khác này thực ra không đáng kể, bán kính Trái đất ở xích đạo là 6.378.140km, lớn hơn khoảng cách từ 2 cực đến tâm Trái đất gần 22km.

Sự sống và các đại dương có khả năng tạo ra sự sống chỉ hiện hữu duy nhất trên Trái đất. Trên các hành tinh khác gần chúng ta nhất như sao Kim thì quá nóng và sao Hoả quá lạnh. Nước trên sao Kim nay đã bốc thành hơi nước, còn nước trên sao Hoả đã đóng thành băng bên dưới bề mặt của nó. Chỉ có hành tinh của chúng ta là phù hợp cho nước ở thể lỏng với nhiệt độ từ 0 đến 100°C.

Xung quanh Trái đất có lớp khí quyển dày khoảng $H = 800$ km chứa N_2 , O_2 , H_2O , CO_2 , NO_x , H_2 , He, Ar, Ne. Áp suất và khối lượng riêng của khí quyển giảm dần với độ cao y theo quy luật:

$$p(y) = p_0 \cdot (1 - (g/(C_p \cdot T_0)) \cdot y)^{C_p/R} \quad (1.2)$$

$$\rho(y) = \rho_0 (1 - (g/(C_p \cdot T_0)) \cdot y)^{C_v/R}. \quad (1.3)$$

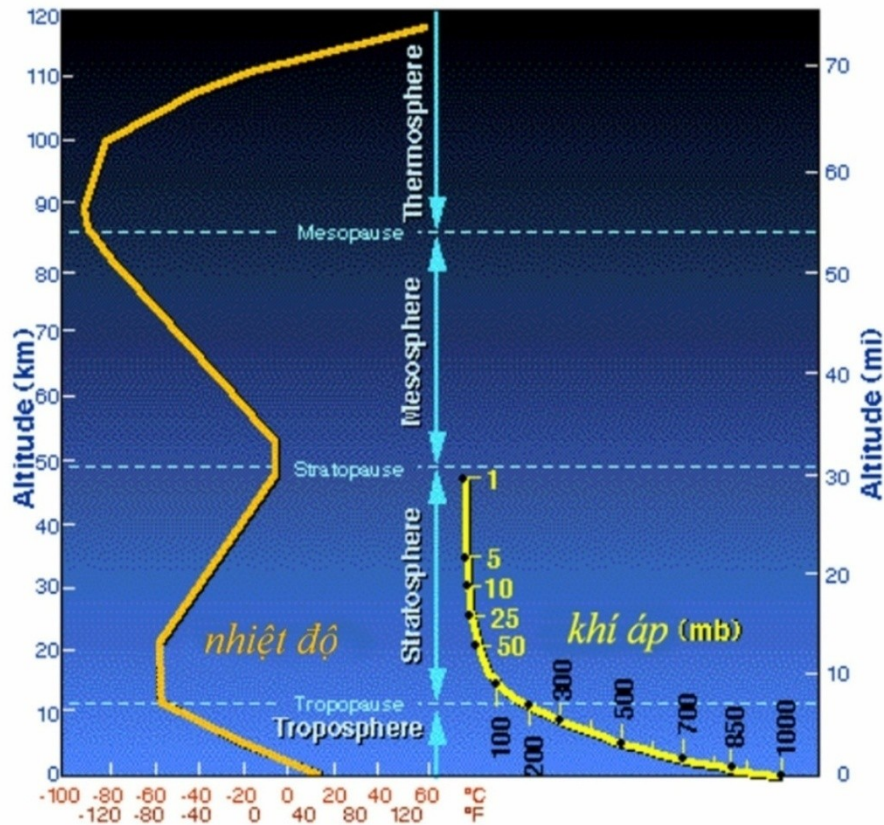
Khí quyển tác động đến nhiệt độ trên hành tinh của chúng ta. Các vụ phun trào núi lửa cùng với các hoạt động của con người làm ảnh hưởng đến các thành phần cấu tạo của khí quyển. Vì thế, hệ sinh thái trên hành tinh chúng ta là kết quả của sự cân bằng mong manh giữa các ảnh hưởng khác nhau. Trong quá khứ, hệ sinh thái này là một hệ thống cân bằng tự điều chỉnh, nhưng ngày nay do tác động của con người có thể đang là nguyên nhân làm vượt qua trạng thái cân bằng này.

Lớp không khí bao quanh Trái đất có thể tích khoảng 270 triệu km³ và nặng khoảng 5.300 tỷ tấn đè lên thân thể chúng ta. Những gì mà chúng ta cảm nhận được chỉ xảy ra trong tầng thấp nhất cao khoảng 18km của cột không khí khổng lồ này, tuy nhiên, phần nhỏ này lại đóng vai trò quan trọng nhất đối với sự sống trên hành tinh của chúng ta.

Trong không khí chứa khoảng 78% phân tử nitơ và 21% oxy cùng với 1% argon và một số chất khí khác và hơi nước trong đó có khoảng 0,03% khí cacbonic. Mặc dù hàm lượng khí cacbonic rất nhỏ, nhưng lại đóng một vai trò quan trọng đối với sự sống trên Trái đất.

Càng lên cao áp suất không khí giảm và nhiệt độ cũng thay đổi rất nhiều, tuy nhiên nhiệt độ của không khí không hạ xuống một cách đơn giản khi chúng ta tiến ra ngoài không gian, nhiệt độ không khí giảm và tăng theo một chu trình nhất định. Nhiệt độ ở mỗi tầng tương ứng với mức tích tụ và loại năng lượng tác động trong tầng đó.

Khí quyển của Trái đất có thể chia làm 4 tầng, trong đó mỗi tầng có một kiểu cân bằng năng lượng khác nhau. Tầng dưới cùng nhất gọi là tầng đối lưu (*Troposphere*) tầng này bị chi phối bởi ánh sáng khả kiến và tia hồng ngoại, gần 95% tổng số khối lượng và toàn bộ nước trong khí quyển phân bố trong tầng này, tầng đối lưu cao chỉ khoảng 14km. Gần như toàn bộ sự trao đổi năng lượng giữa khí quyển và trái đất xảy ra trong tầng này. Mặt đất và mặt biển bị hâm nóng lên bởi ánh nắng mặt trời. Nhiệt độ trung bình trên bề mặt trái đất khoảng 15°C, bức xạ nhiệt đóng vai trò điều tiết tự nhiên để giữ cho nhiệt độ trên mặt đất chỉ thay đổi trong một dải tầng hẹp.



Hình 1.1.4. Sự thay đổi nhiệt độ theo độ cao của các tầng khí quyển

Theo lý thuyết, càng lên cao nhiệt độ càng giảm $T(y) = T_0 - (g/C_p) \cdot y$, nhưng trong thực tế thì không đúng như vậy. Trên tầng đối lưu là tầng bình lưu (*Stratosphere*), tại đây nhiệt độ bắt đầu tăng trở lại. Nhiệt độ tại vùng chuyển tiếp giữa vùng đối lưu và vùng bình lưu khoảng -50°C , càng lên cao nhiệt độ lại tăng dần, tại ranh giới của tầng bình lưu có độ cao khoảng 50km nhiệt độ tăng lên khoảng 0°C . Nguyên nhân gây ra hiện tượng này là vì các phân tử oxy (O_2) và ozon (O_3) hấp thụ một phần các tia cực tím đến từ Mặt trời (90% ozon trong khí quyển chứa trong tầng bình lưu). Nếu tất cả các tia cực tím này có thể đến mặt đất thì sự sống trên Trái đất có nguy cơ bị hủy diệt. Một phần nhỏ tia cực tím bị hấp thụ bởi O_2 trong tầng bình lưu, quá trình này tách một phân tử O_2 thành 2 nguyên tử O, một số nguyên tử O phản ứng với phân tử O_2 khác để tạo thành O_3 . Mặc dầu chỉ một phần triệu phân tử trong khí quyển là ozon nhưng các phân tử ít ỏi này có khả năng hấp thụ hầu hết ánh sáng cực tím trước khi chúng đến được mặt đất. Các photon trong ánh sáng cực tím chứa năng lượng lớn gấp 2 đến 3 lần các photon trong ánh sáng khả kiến, chúng là một trong các nguyên nhân gây bệnh ung thư da.

Các kết quả nghiên cứu gần đây cho thấy lượng ozon trong tầng thấp nhất của khí quyển (tầng đối lưu) ngày càng tăng, trong khi đó hàm lượng ozon trong tầng bình lưu đã bị giảm 6% từ 20 năm trở lại đây. Hậu quả của sự suy giảm này

là các tia cực tím có thể xuyên qua khí quyển đến mặt đất ngày nhiều hơn và làm nhiệt độ trong tầng bình lưu ngày càng lạnh đi, trong khi đó nhiệt độ trong tầng đối lưu ngày càng nóng lên do hàm lượng ozon gần mặt đất ngày càng tăng.

Trong tầng giữa (*Mesosphere*), có độ cao từ 50km trở lên, ozon thành hình mỏng ra và nhiệt độ giảm dần và lên đến ranh giới cao nhất của tầng này (khoảng 80km) thì nhiệt độ chỉ khoảng 90°C .

Càng lên cao nhiệt độ bắt đầu tăng trở lại và sự cấu tạo của khí quyển thay đổi hoàn toàn. Trong khi ở tầng dưới các quá trình cơ học và trong tầng giữa các quá trình hoá học diễn ra rất tiêu biểu thì trong tầng cao nhất của khí quyển các quá trình diễn ra rất khác biệt. Nhiệt lượng bức xạ rất mạnh của mặt trời làm tách các phân tử ra để tạo thành các ion và electron. Vì thế người ta gọi tầng này là tầng điện ly (*Ionosphere*) các sóng điện từ bị phản xạ trong tầng này.

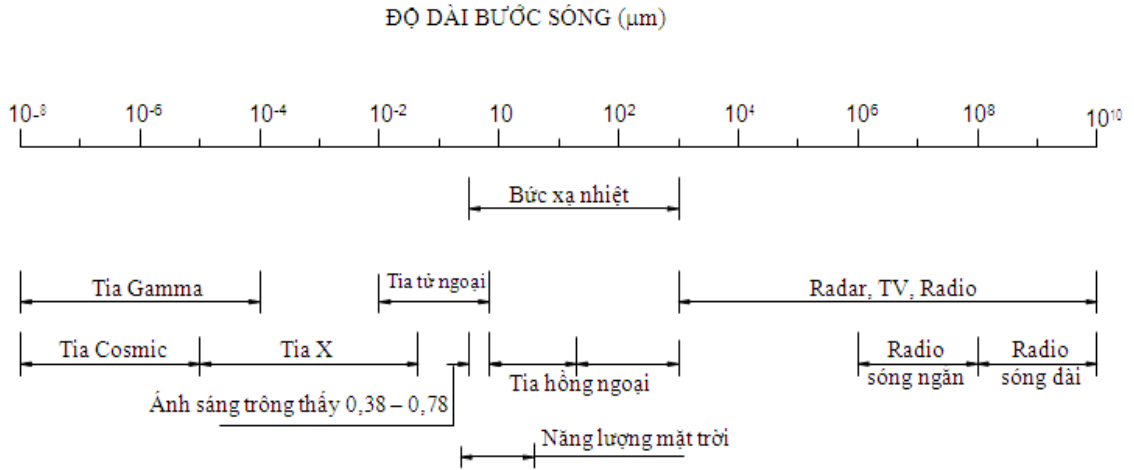
Càng lên cao, bức xạ Mặt trời càng mạnh, ở độ cao khoảng 600km, nhiệt độ lên đến 1000°C . Càng lên cao khí quyển càng mỏng và không có một ranh giới rõ ràng phân biệt giữa khí quyển của Trái đất và không gian. Người ta thống nhất rằng khí quyển chuẩn của Trái đất có độ cao 800km.

1.2. NĂNG LƯỢNG BỨC XẠ MẶT TRỜI.

1.2.1. Khái quát về năng lượng bức xạ Mặt trời [4].

Trong toàn bộ bức xạ của Mặt trời, bức xạ liên quan trực tiếp đến các phản ứng hạt nhân xảy ra trong nhân Mặt trời không quá 3%. Bức xạ γ ban đầu khi đi qua 5.10^5km chiều dày của lớp vật chất Mặt trời bị biến đổi rất mạnh. Tất cả các dạng của bức xạ điện từ đều có bản chất sóng và chúng khác nhau ở bước sóng. Bức xạ γ là sóng ngắn nhất trong các sóng. Từ tâm mặt trời đi ra do sự va chạm hoặc tán xạ mà năng lượng của chúng giảm đi và bây giờ chúng ứng với bức xạ có bước sóng dài. Như vậy bức xạ chuyển thành bức xạ Rơnghen có bước sóng dài hơn. Gần đến bề mặt Mặt trời nơi có nhiệt độ đủ thấp để có thể tồn tại vật chất trong trạng thái nguyên tử và các cơ chế khác bắt đầu xảy ra.

Đặc trưng của bức xạ Mặt trời truyền trong không gian bên ngoài Mặt trời là một phổ rộng trong đó cực đại của cường độ bức xạ nằm trong dải $0,1 - 10\ \mu\text{m}$ và hầu như một nửa tổng năng lượng mặt trời tập trung trong khoảng bước sóng $0,38 - 0,78\ \mu\text{m}$, đó là vùng nhìn thấy của phổ.



Hình 1.1.5. Dải bức xạ điện từ

Chùm tia xuyên thẳng từ Mặt trời gọi là bức xạ trực xạ. Tổng hợp các tia trực xạ và tán xạ gọi là tổng xạ. Mật độ dòng bức xạ trực xạ ở ngoài lớp khí quyển tính đối với 1m^2 bề mặt đặt vuông góc với tia bức xạ được xác định theo công thức:

$$q = \varphi_{D-T} \cdot c_0 \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad (1.4)$$

Trong đó:

φ_{D-T} là hệ số góc bức xạ giữa Trái đất và Mặt trời

$$\varphi_{D-T} = \frac{\beta^2}{4} \quad (1.5)$$

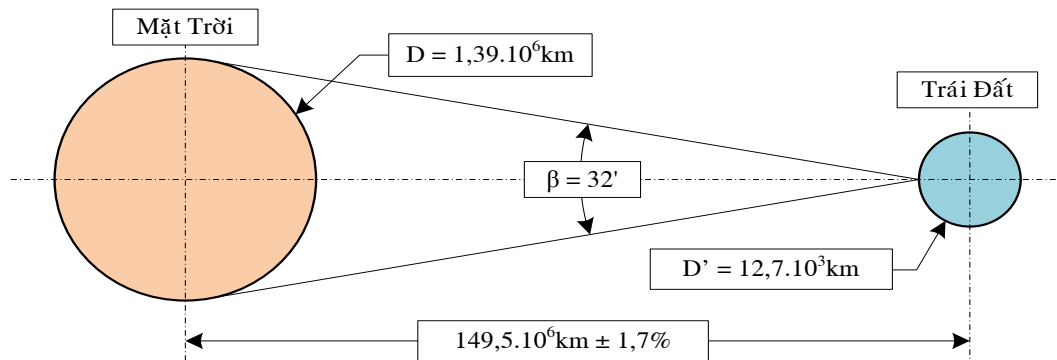
β - góc nhìn Mặt trời và $\beta \approx 32'$

$c_0 = 5,67 \text{ W/m}^2\text{K}^4$ - hệ số bức xạ của vật đen tuyệt đối

$T \approx 5762^0\text{K}$ - nhiệt độ bề Mặt trời (coi là vật đen tuyệt đối)

Vậy:

$$q = \frac{\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot 32}{360 \cdot 60}\right)^2}{4} \cdot 5,67 \cdot \left(\frac{5762}{100}\right)^4 \approx 1353 \text{ W/m}^2 \quad (1.6)$$

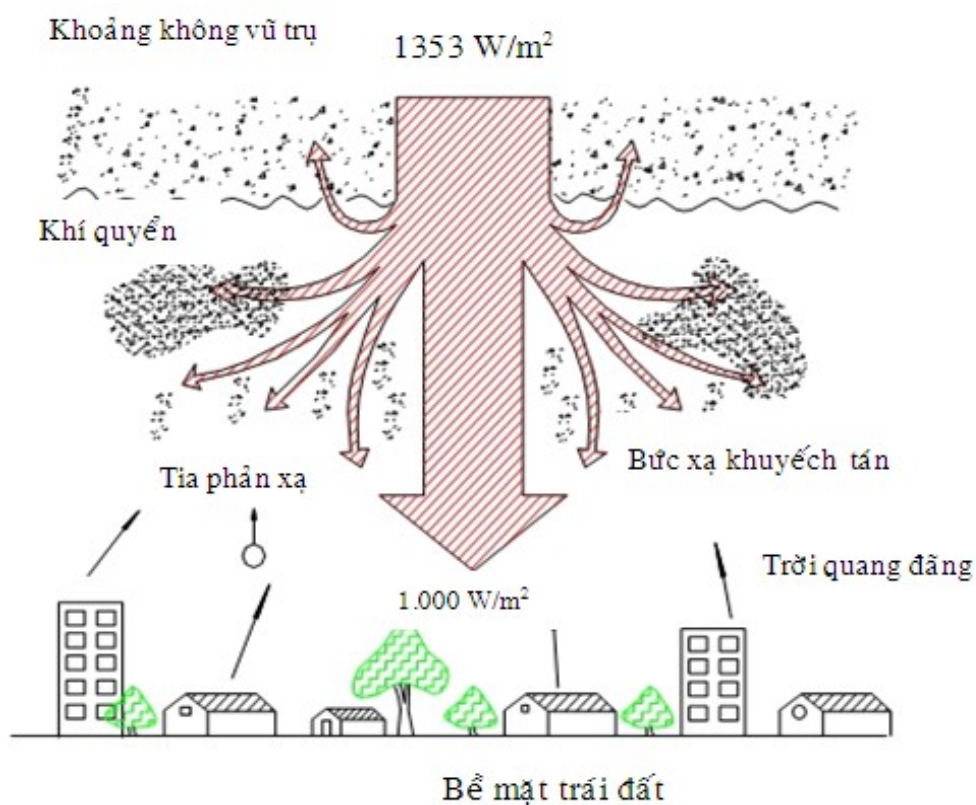


Hình 1.1.6. Góc nhìn Mặt trời từ Trái đất

Do khoảng cách giữa Trái đất và Mặt trời thay đổi theo mùa trong năm nên β cũng thay đổi do đó q cũng thay đổi nhưng độ thay đổi này không lớn lắm nên có thể xem như $q = \text{const}$ và được gọi là *hằng số Mặt trời* ($q = 1353 \text{ Watt/m}^2$).

Năng lượng Mặt trời thu được trên Trái đất là năng lượng của dòng bức xạ điện từ xuất phát từ Mặt trời và đây được xem là nguồn năng lượng chính cho Trái đất. Ánh sáng Mặt trời bị hấp thụ một phần trên bầu khí quyển Trái đất, gần 1.000 Watt/m^2 năng lượng Mặt trời tới Trái đất trong điều kiện trời quang đãng. Chúng ta sẽ tiếp tục nhận được dòng năng lượng này cho đến khi phản ứng hạt nhân trên Mặt trời hết nhiên liệu, thời gian đó kéo dài khoảng 5 tỷ năm nữa.

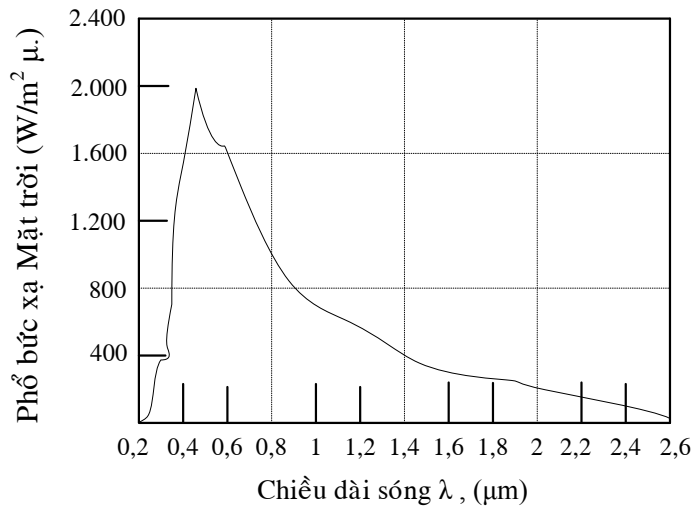
Chúng ta có thể trực tiếp thu lấy năng lượng này thông qua hiệu ứng quang điện, chuyển năng lượng các photon của Mặt trời thành điện năng, như trong pin Mặt trời. Năng lượng của các photon cũng có thể được hấp thụ để làm nóng các vật thể, tức là năng lượng Mặt trời sẽ được chuyển thành nhiệt năng, sử dụng cho bình đun nước Mặt trời, hoặc làm sôi nước trong các máy nhiệt điện của tháp Mặt trời, hoặc vận động các hệ thống nhiệt như máy điều hòa Mặt trời.



Hình 1.1.7. Quá trình truyền năng lượng bức xạ Mặt trời qua lớp khí quyển của Trái đất.

Năng lượng của các photon có thể được hấp thụ và chuyển hóa thành năng lượng trong các liên kết hóa học của các phản ứng quang hóa. Một phản ứng quang hóa tự nhiên là một quá trình quang hợp, quá trình này được cho là đã từng dự trữ năng lượng Mặt trời vào các nguồn nhiên liệu hóa thạch không tái sinh mà các nền công nghiệp của thế kỷ 19 đến 21 đã và đang tận dụng. Nó là quá trình cung cấp năng lượng cho mọi hoạt động sinh học tự nhiên, cho sức kéo gia súc và củi đốt, những nguồn năng lượng sinh học tái tạo truyền thống. Trong tương lai, quá trình này có thể giúp tạo ra nguồn năng lượng tái tạo ở nhiên liệu sinh học, như các nhiên liệu lỏng (diesel sinh học, nhiên liệu từ dầu thực vật), khí (khí đốt sinh học) hay rắn.

1.2.2. Phân bố năng lượng bức xạ Mặt trời ngoài lớp khí quyển Trái đất.



Hình 1.1.8. Phân bố bức xạ Mặt trời theo chiều dài sóng [1].

Hằng số Mặt trời là năng lượng của toàn bộ phổ bức xạ Mặt trời, năng lượng bức xạ lại phụ thuộc vào tần số (hay bước sóng) của bức xạ. Đường cong phân bố phổ năng lượng bức xạ Mặt trời ở ngoài lớp khí quyển trong khoảng bước sóng từ $0,2 \div 2,6 \mu\text{m}$ được mô tả trên (Hình 1.1.8).

Khi phân tích đường cong này trong khoảng bước sóng $\lambda = 0,8 \div \infty$ người ta sẽ nhận được toàn bộ bức xạ Mặt trời. Trong thực tế các bức xạ mang năng lượng chủ yếu nằm ở bước sóng khoảng từ $0,38 \div 0,78 \mu\text{m}$ như trong bảng 1.1.8

Bảng 1.1.8

$\lambda (\mu\text{m})$	E (W/m ²)	Tỉ số $D_\lambda = E_\lambda / I_{sc}$
$0 \div 0,38$	95	0,07
$0,38 \div 0,78$	640	0,473
$0,78 \div \infty$	618	0,457

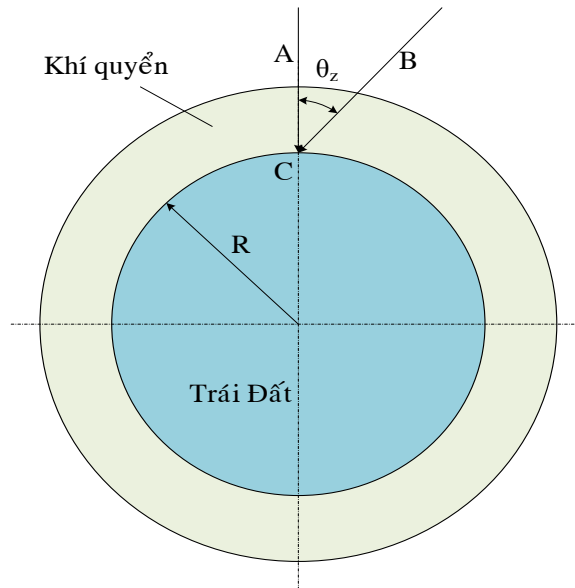
1.2.3. Những yếu tố ảnh hưởng đến cường độ bức xạ [3].

- *Hệ số khối không khí m*: là tỷ số giữa khối lượng khí quyển theo phương tia bức xạ truyền qua và khối lượng khí quyển theo phương thẳng đứng (khí Mặt trời ở thiên đỉnh), tỷ lệ với quãng đường tương ứng của tia bức xạ Mặt trời (Hình 1.1.9).

$$m = 1 / \cos\theta_z \tag{1.7}$$

Như vậy, $m = 1$ khi Mặt trời ở thiên đỉnh, $m = 2$ khi góc thiên đỉnh $\theta_z = 60^\circ$. Đối với các góc thiên đỉnh $\theta_z = 0 \div 70^\circ$ có thể xác định gần đúng $m = 1/\cos\theta_z$. Còn

đối với các góc $\theta_z > 70^\circ$ thì độ cong của bề mặt Trái đất phải được đưa vào tính toán. Riêng đối với trường hợp tính toán bức xạ Mặt trời ngoài khí quyển $m = 0$.



Hình 1.1.9. Sơ đồ xác định hệ số khối khí

➤ Sự suy giảm cường độ bức xạ khi lan truyền qua lớp khí quyển. Với lý do vừa đề cập ở trên như: hấp thụ bởi hơi nước hay bị tán xạ do gặp các phân tử khí O_2 , O_3 , CO_3 , NO_x , các hạt bụi lơ lửng trong không khí hay các phân tử khác, hoặc khi xuyên qua các đám mây... Theo tính toán lý thuyết người ta thấy rằng các phân tử lơ lửng có kích thước rất nhỏ so với bước sóng ánh sáng thì khi tia bức xạ xuyên qua lớp khí quyển cường độ bức xạ giảm theo tỷ lệ λ^{-4} , trong đó λ là bước sóng bức xạ đơn sắc. Thực nghiệm đã xác định được hệ số truyền qua của lớp khí quyển đã bị hấp thụ bằng.

$$\tau_{\alpha,\lambda} = 10^{-0,00389\lambda^{-4}} \quad (1.8)$$

Trong đó: λ (μm), $m=1$ và áp suất khí quyển $p = 760\text{mmHg}$. Nếu các phân tử có kích thước lớn hơn nhiều so với kích thước phân tử khí thì hệ số truyền qua là một hàm phức tạp, hàm này phụ thuộc vào kích thước của các phân tử khí và nồng độ của chúng phụ thuộc vào vị trí địa lý, vào độ cao và thời gian. Moon đã đưa ra biểu thức tính hệ số truyền qua của lớp khí quyển trong trường hợp này là.

$$\tau_{\alpha,\lambda} = 10^{-0,00353\lambda^{-0,75}} \quad (1.9)$$

Ở đây, $m = 1$ và nồng độ trung bình của các phân tử bụi trong bầu khí quyển $d = 800/\text{cm}^3$. Còn đối với các phần tử tán xạ là hơi nước đọng sương, tương đương với lớp dày 20mm, khi Mặt trời ở đỉnh đầu thì được tính theo công thức.

$$\tau_{w,\lambda} = 10^{-0,0075\lambda^{-2}} \quad (2.0)$$

Theo lý thuyết tán xạ của Rayleigh, trong trường hợp tổng quát khi đề cập

đến tất cả các nguyên nhân trên đây, một cách gần đúng hệ số truyền qua lớp khí quyển có thể được tính theo công thức.

$$\tau_{\lambda(S)} = [(\tau_{\alpha,\lambda})^p \cdot (\tau_{d,\lambda})^d \cdot (\tau_{w,\lambda})^w]^m \quad (2.1)$$

Trong đó:

$\tau_{\alpha,\lambda}$ – là hệ số truyền qua lớp khí quyển của sóng bức xạ đơn sắc, (chiều dài λ chỉ xét cho thành phần tán xạ).

p – áp suất khí quyển ($p = 760\text{mmHg}$).

d – nồng độ bụi ở mặt đất, ($d = 800/\text{cm}^3$).

w – độ dày của lớp hơi nước đọng sương ($w=20\text{mm}$).

m – tỷ khối khí.

Như ta đã biết khi xuyên qua lớp khí quyển thì hầu hết các tia tử ngoại bị hấp thụ bởi phân tử khí O_3 , còn các tia hồng ngoại thì bị các phân tử nước H_2O hấp thụ hầu như hoàn toàn. Giá trị của hệ số truyền qua của bức xạ phụ thuộc vào chiều dài bước sóng khi xuyên qua lớp khí ôzôn có chiều dày 2,5mm cho trong bảng 1.1.9

Bảng 1.1.9

Bước sóng λ (μm)	0,29	0,3	0,31	0,33	0,35
Hệ số truyền qua $\tau_{0,\lambda}$	0	0,1	0,5	0,9	1

Khi $\lambda > 2,3 \mu\text{m}$ thì hệ số truyền qua lớp khí quyển là rất nhỏ (do bị các phân tử H_2O và CO_2 hấp thụ) nên năng lượng của bức xạ hồng ngoại khi đến mặt đất chỉ còn khoảng 5% so với vùng ngoài lớp khí quyển.

Hệ số truyền qua của bức xạ tán xạ khi xuyên qua lớp khí quyển bao gồm tất cả những yếu tố trên và có tính đến khả năng hấp thụ được mô tả bằng biểu thức:

$$\tau_{\lambda} = \tau_{\alpha(S)}\tau_{\lambda(\text{haphthu})} = \tau_{\lambda(S)}\tau_{O\lambda}\tau_{w\lambda} \quad (2.2)$$

Trong đó:

$\tau_{w,\lambda}$ – hệ số truyền qua chỉ phụ thuộc chiều dài sóng.

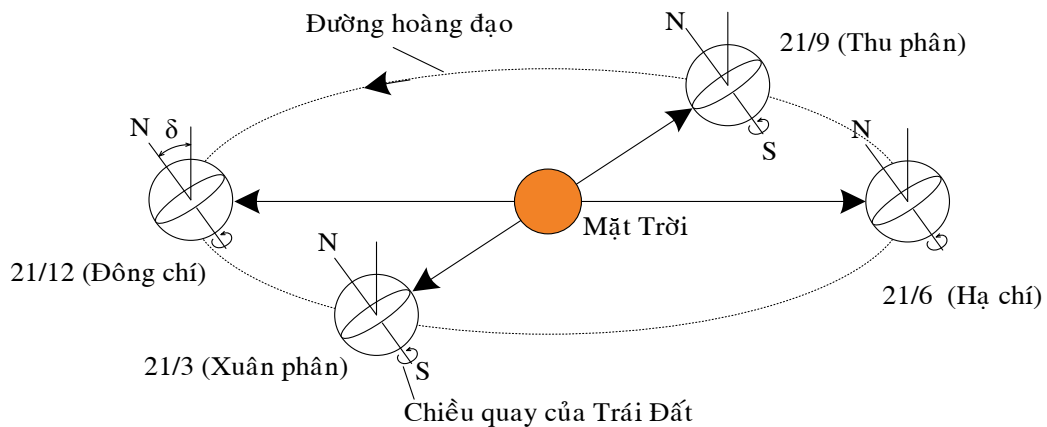
$\tau_{O\lambda}$ – hệ số truyền qua chỉ phụ thuộc lượng khí ozon.

$\tau_{w\lambda}$ – hệ số truyền qua chỉ phụ thuộc lượng hơi nước trong không khí.

- *Ảnh hưởng bởi khoảng cách Mặt trời và Trái đất.*

Để xem xét ảnh hưởng của khoảng cách giữa Quả đất và Mặt trời đến cường độ bức xạ Mặt trời trên mặt đất, khi Trái đất chuyển động trên quỹ đạo của nó trong chu kỳ 1 năm. Một cách gần đúng ta có thể xem Trái đất là một quả cầu quay xung quanh Mặt Trời theo quỹ đạo gần tròn (dạng elip, hay còn

gọi là đường Hoàng Đạo), đường này có bán kính trung bình là $1,495.10^{11}m$ (hình 1.4.2). Thời gian cần thiết để cho Trái đất quay được một vòng xung quanh Mặt trời 365 và $\frac{1}{4}$ ngày (một năm). Ngoài chuyển động quay xung quanh Mặt trời, Trái đất còn tự quay quanh trục riêng của nó. Trục riêng này là một đường thẳng đi qua hai cực của Quả đất và hợp với pháp tuyến của mặt phẳng Hoàng Đạo một góc $\delta = 23^{\circ}45'$. Trái đất quay quanh trục riêng của nó hết 24 giờ (một ngày một đêm). Mặt phẳng vuông góc với trục Trái đất và cắt Trái đất một tiết diện lớn nhất gọi là mặt phẳng xích đạo, còn đường tròn lớn nhất là giao tuyến giữa mặt phẳng xích đạo và mặt cầu Trái đất gọi là đường xích đạo. Sự định hướng của trục Trái đất cùng với sự chuyển động của nó xung quanh Mặt trời và xung quanh trục quay riêng của nó dẫn đến sự thay đổi khoảng cách giữa Trái đất và Mặt trời, cũng tức là thay đổi cường độ bức xạ Mặt trời trên bề mặt Trái đất hằng ngày, hằng tháng và hằng mùa trong một năm.



Hình 1.2. Mô tả chuyển động của Trái đất quay quanh Mặt trời trong năm.

Từ một vị trí quan sát trên bề mặt Trái đất, sự thay đổi của vị trí Mặt trời theo thời gian trong năm được minh họa như trên hình trên (Hình 1.2). Vào ngày 21 tháng 6 (ngày Hạ chí) mặt trời ở vị trí gần bán cầu bắc nhất và đi qua đỉnh đầu vào lúc giữa trưa tại chí tuyến bắc (vĩ tuyến $23,5^{\circ}N$). Kết quả là bắc bán cầu nhận được ánh sáng mặt trời nhiều nhất vào ngày này trong năm. Khi Trái đất tiếp tục quay theo quỹ đạo của nó, Mặt trời sẽ chuyển dịch tương đối về phía nam bán cầu làm thời gian được chiếu sáng ở phía nam bán cầu trong một ngày dài hơn so với bắc bán cầu. Vào ngày 21 tháng 9 (ngày Thu phân) Mặt trời trực tiếp đi qua thiên đỉnh tại xích đạo nên cả hai bán cầu đều nhận được ánh sáng Mặt trời như nhau trong một ngày. Sau khi tiếp tục di chuyển tương đối về phía nam cho đến khi đi qua thiên đỉnh tại chí tuyến nam (vĩ độ $23,5^{\circ}S$) vào ngày 21 tháng 12 (ngày Đông chí). Trong ngày này bán cầu bắc có thời gian chiếu sáng ít nhất và bán cầu nam có thời gian chiếu sáng dài nhất. Sau khi đạt

tới vị trí thiên đỉnh ở nam chí tuyến, Mặt trời lại di chuyển tương đối về phía bắc bán cầu và đi ngang qua xích đạo lần nữa vào ngày 21 tháng 3 (ngày Xuân phân) rồi lại đối diện trực tiếp với trí tuyến bắc vào ngày 21 tháng 6 hoàn thành một chu kỳ chuyển động của Trái đất quanh Mặt trời trong thời gian một năm.

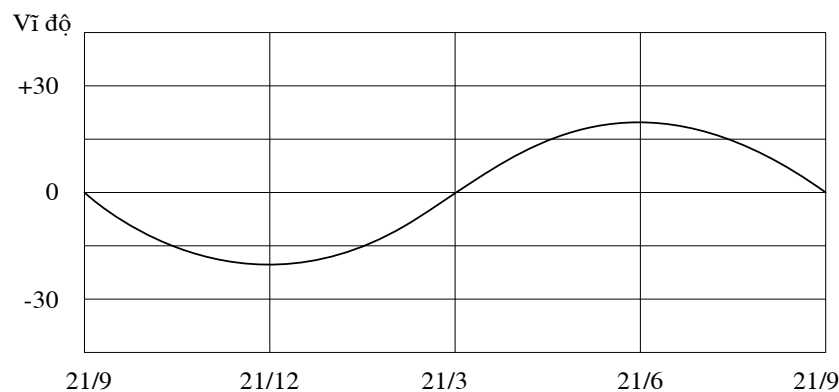
Cường độ bức xạ Mặt trời phụ thuộc vào khoảng cách tương đối giữa Mặt trời và với điểm quan sát trên Trái đất. Trong một ngày, khoảng cách này sẽ giảm dần từ khi Mặt trời mọc đến khi đạt được giá trị thấp nhất vào giữa trưa khi Mặt trời ở trên đỉnh đầu, sau đó lại tăng dần cho tới khi Mặt trời lặn. Như vậy cường độ bức xạ tương ứng sẽ tăng dần trong buổi sáng cho tới khi đạt giá trị lớn nhất vào giữa trưa sau đó lại giảm dần trong buổi chiều.

Góc hợp bởi các tia bức xạ Mặt trời nằm trong mặt phẳng Hoàng Đạo tạo với mặt phẳng xích đạo của Trái đất gọi là góc lệch δ (declination angle), ngày ở Hạ chí góc $\delta = +23^{\circ}45'$, ở ngày Đông chí $\delta = -23^{\circ}45'$. Để tính góc δ ở các ngày bất kỳ trong năm ta có thể dùng phương trình Cooper (1969) cho dưới đây.

$$\delta = 23,45 \sin \left[\frac{360}{365} (284 + n) \right] \text{ (độ)} \quad (2.3)$$

Trong đó:

n - là số thứ tự ngày tính từ ngày 1 tháng giêng. Sự biến đổi của góc δ theo thời gian trong năm được biểu diễn như hình (Hình 1.2.1).



Hình 1.2.1. Sự biến đổi góc lệch δ theo các ngày trong một năm

1.3. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN NĂNG LƯỢNG BỨC XẠ MẶT TRỜI [3].

Cường độ bức xạ Mặt trời trên mặt đất chủ yếu phụ thuộc 2 yếu tố: góc nghiêng của các tia sáng đối với mặt phẳng bề mặt tại điểm đã cho và độ dài đường đi của các tia sáng trong khí quyển, hay nói chung là phụ thuộc vào độ cao của Mặt trời (góc giữa phương từ điểm quan sát đến Mặt trời và mặt phẳng nằm ngang đi qua điểm đó). Quan hệ giữa bức xạ Mặt trời ngoài khí quyển và

thời gian trong năm có thể xác định theo công thức sau:

$$E_{ng} = E_0 \left(1 + 0,033 \cdot \cos \frac{360 \cdot n}{365} \right), W/m^2 \quad (2.4)$$

Trong đó: E_{ng} là bức xạ Mặt trời ngoài khí quyển được đo trên mặt phẳng vuông góc với tia bức xạ vào ngày thứ n trong năm.

1.3.1. Bức xạ Mặt trời ngoài khí quyển lên mặt phẳng nằm ngang.

Vào thời điểm bất kỳ, bức xạ mặt trời ngoài khí quyển được xác định theo phương trình sau.

$$E_{0.ng} = E_0 \left(1 + 0,33 \cdot \cos \frac{360 \cdot n}{365} \right) \cdot \cos \theta_z \quad (2.5)$$

Thay giá trị $\cos \theta_z$ vào phương trình trên ta có $E_{0.ng}$ tại thời điểm bất kỳ từ lúc Mặt trời mọc đến lúc Mặt trời lặn.

$$E_{0.ng} = E_0 \left(1 + 0,33 \cdot \cos \frac{360 \cdot n}{365} \right) (\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \varphi \cdot \sin \delta) \quad (2.6)$$

Tích phân phương trình này theo thời gian từ khi Mặt trời mọc đến khi Mặt trời lặn (6h đến 18h Mặt trời) sẽ được $E_{0.ngay}$ là năng lượng bức xạ Mặt trời trên mặt phẳng nằm ngang trong một ngày.

$$E_{0.ngay} = \frac{24 \cdot 3600 E_0}{\pi} \left(1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365} \right) \left(\cos \varphi \cos \delta \cos \omega_s + \frac{\pi \omega_s}{180} \sin \varphi \sin \delta \right) \quad (2.7)$$

với ω_s là góc giờ Mặt trời lặn (là góc giờ ω khi $\theta_z = 90^\circ$)

$$\cos \omega_s = - \frac{\sin \varphi \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta} = -\text{tg} \varphi \cdot \text{tg} \delta \quad (2.8)$$

Người ta cũng xác định năng lượng bức xạ ngày trung bình tháng $E_{0.th}$ bằng cách thay giá trị n và δ trong các công thức trên lấy bằng giá trị ngày trung bình của tháng và độ lệch δ tương ứng.

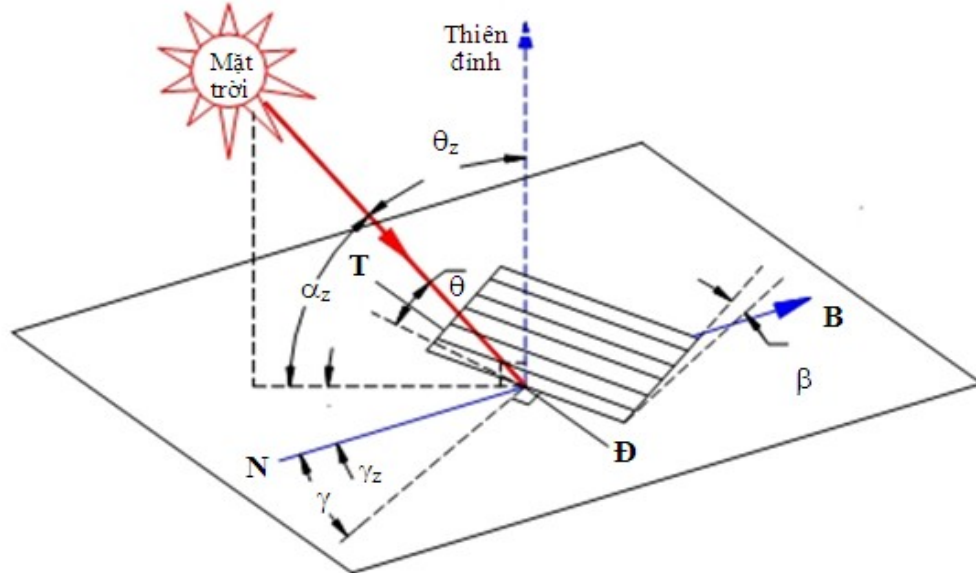
Năng lượng bức xạ Mặt trời trên mặt phẳng nằm ngang trong một giờ nhất định có thể xác định khi tích phân phương trình (1.6) trong khoảng thời gian giữa các góc giờ ω_1 và ω_2 :

$$E_{0.gi\text{đ\o}} = \frac{112 \cdot 3600}{\pi} \left(1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365} \right) \left(\cos \varphi \cos \delta (\sin \omega_1 - \sin \omega_2) + \frac{\pi(\omega_1 - \omega_2)}{180} \sin \varphi \sin \delta \right) \quad (2.9)$$

1.3.2. Cường độ bức xạ Mặt trời lên bề mặt Trái đất.

➤ Các góc tạo bởi chùm tia bức xạ với các mặt phẳng.

Bức xạ Mặt trời còn phụ thuộc vào độ cao của Mặt trời, hay vị trí nó trên bầu trời. Dưới đây ta sẽ đưa ra một số biểu thức cho phép xác định vị trí theo giờ của Mặt trời và bức xạ của nó chiếu trên một mặt phẳng bất kỳ trên mặt đất.

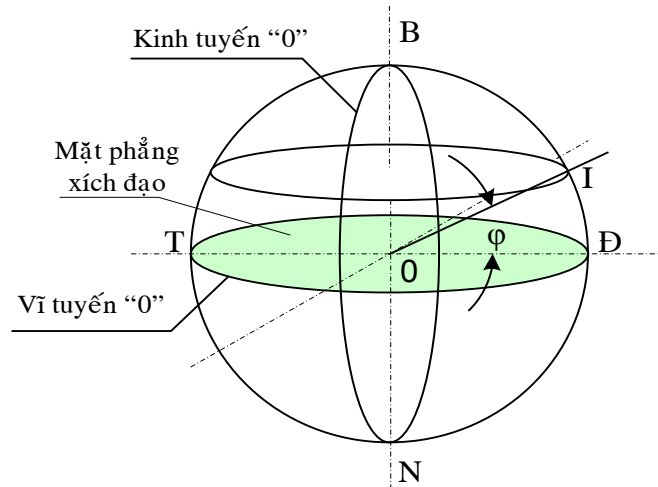


Hình 1.2.2. Quan hệ các góc hình học của tia bức xạ Mặt trời trên mặt phẳng nghiêng

Trong đó:

- Góc vĩ độ ϕ : là góc tương ứng với vĩ độ về phía bắc hoặc phía nam đường xích đạo Trái đất với hướng dương là hướng bắc. $-90^0 \leq \phi \leq 90^0$.
- Góc nghiêng β : là góc giữa mặt phẳng của bề mặt tính toán với phương nằm ngang, $0 \leq \beta \leq 180^0$ ($\beta > 90^0$ nghĩa là bề mặt nhận bức xạ hướng xuống phía dưới).
- Góc phương vị của bề mặt γ : là góc lệch của hình chiếu pháp tuyến bề mặt trên mặt phẳng nằm ngang so với đường kinh tuyến. $\gamma = 0$ khi bề mặt quay về hướng chính nam, γ lấy dấu (+) nếu bề mặt quay về phía tây và lấy dấu (-) nếu bề mặt quay về phía đông $-180^0 \leq \gamma \leq 180^0$.
- Góc tới θ : là góc giữa tia bức xạ truyền tới bề mặt và pháp tuyến của bề mặt đó.
- Góc thiên đỉnh θ_z : là góc giữa phương thẳng đứng (thiên đỉnh) và tia bức xạ tới. Trường hợp bề mặt nằm ngang thì góc thiên đỉnh chính là góc tới $\theta_z = \theta$.
- Góc phương vị Mặt trời γ_s : là góc lệch so với phương nam của hình chiếu tia bức xạ Mặt trời truyền tới trên mặt phẳng nằm ngang. Góc này lấy dấu (-) nếu hình chiếu lệch về phía đông và lấy dấu (+) nếu hình chiếu lệch về phía tây.
- Góc vĩ tuyến φ : các đường tròn vẽ trên mặt đất và nằm trong các mặt phẳng song song với mặt phẳng xích đạo gọi là các mặt vĩ tuyến. Góc hợp bởi đoạn nối từ gốc 0 đến điểm I, là điểm cắt nhau giữa mặt phẳng vĩ tuyến và mặt cầu gọi là

góc vĩ tuyến φ . Đường xích đạo ứng với vĩ tuyến “0”, các góc từ đường xích đạo xuống cực nam gọi là vĩ tuyến nam $\varphi = 0 \div -90^\circ\text{S}$ (quy ước là $\varphi < 0$). Như vậy cường độ bức xạ Mặt trời tại một điểm bất kỳ trên mặt đất thay đổi phụ thuộc vào góc vĩ tuyến φ .



Hình 1.2.3. Trái đất, mặt phẳng xích đạo và vĩ tuyến

- Góc lệch δ : là góc hợp bởi tia bức xạ Mặt trời nằm trong mặt phẳng quỹ đạo (khi Mặt trời đi qua kinh tuyến địa phương lúc 12 giờ trưa) tạo với mặt phẳng xích đạo của Trái đất.

$$-23,45^0 \leq \delta \leq 23,45^0 \quad (3.0)$$

Góc lệch δ có thể tính toán theo phương trình của Cooper.

$$\delta = 23,45 \sin \left(360 \cdot \frac{284 + n}{365} \right) \quad (3.1)$$

Trong đó: n là thứ tự của ngày trong năm.

- Quan hệ giữa các loại góc đặc trưng nêu trên có thể biểu diễn bằng phương trình sau.

$$\begin{aligned} \cos\theta &= \sin\delta \cdot \sin\varphi - \sin\delta \cdot \cos\varphi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma + \cos\delta \cdot \cos\varphi \cdot \cos\beta \cdot \cos\omega + \\ &+ \cos\delta \cdot \sin\varphi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma \cdot \cos\omega + \cos\delta \cdot \sin\beta \cdot \sin\gamma \cdot \sin\omega \end{aligned} \quad (3.2)$$

$$\text{Và: } \cos\theta = \cos\theta_z \cdot \cos\beta + \sin\theta_z \cdot \sin\beta \cdot \cos(\gamma_s - \gamma) \quad (3.3)$$

Đối với bề mặt nằm ngang, góc tới θ chính là góc thiên đỉnh của Mặt trời θ_z , giá trị của nó phải nằm trong khoảng từ $0^\circ \div 90^\circ$ từ khi Mặt trời mọc đến khi Mặt trời ở thiên đỉnh ($\beta = 0$).

$$\cos\theta_z = \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega + \sin\varphi \cdot \sin\delta \quad (3.4)$$

Ngoài ra ta còn phải định nghĩa thêm các góc có liên quan đến tọa độ của địa điểm đặt thiết bị trên mặt đất, và vị trí của Mặt trời trên bầu trời tại thời điểm đang xét.

- Góc kinh tuyến: điểm cắt giữa trục quay riêng của Trái đất với bề mặt của

nó ở phía trên gọi là điểm Cực Bắc (B), và phía dưới gọi là điểm Cực Nam (N). các nửa đường tròn vẽ trên mặt Trái đất và đi qua hai điểm Cực Bắc và Cực Nam (chứa trục quay của Trái đất) gọi là kinh tuyến (ký hiệu Φ). Người ta quy ước kinh tuyến gốc (còn gọi là kinh tuyến “0”) là kinh tuyến đi qua Greenwich, thủ đô London, Vương quốc Anh. Các kinh tuyến còn lại được đặt tên theo góc lần lượt từ kinh tuyến “0” và kinh tuyến tiếp theo. Tâm O của Trái đất là đỉnh của các kinh tuyến. Các kinh tuyến nằm ở phía đông so với kinh tuyến gốc gọi là kinh tuyến đông (ký hiệu $0 \div 180^\circ \text{Đ}$), còn ở phía tây gọi là kinh tuyến tây (ký hiệu $(\text{ký hiệu } 0 \div 180^\circ \text{T})$).

- *Góc giờ mặt trời ω* : là góc xác định vị trí của mặt trời trên bầu trời tại một thời điểm bất kỳ trên từ lúc Mặt trời mọc đến lúc Mặt trời lặn. Qui ước: khi Mặt trời ở đỉnh đầu (lúc 12h trưa) $\omega = 0$. Vì Trái đất quay quanh trục của nó một vòng hết 24 giờ nên mỗi giờ nó quay được một góc 15° , buổi sáng lấy dấu (+), buổi chiều lấy dấu (-). Mỗi phút kinh tuyến tương ứng với 4 phút thời gian. Nếu coi Trái đất đứng yên thì mỗi giờ Mặt trời chuyển động trên bầu trời được một góc 15° . Vì vậy, góc giờ của Mặt trời tại thời điểm bất kỳ là.

$$\omega = (12 - T_{SV}^*)15 \text{ (độ)} \quad (3.5)$$

Trong đó:

T_{SV} – Là giờ Mặt trời đúng. Trong thực tế được lấy gần đúng bằng giờ địa phương $T_{SV} = t$. Ví dụ, $t = 9\text{h}$ sáng, góc Mặt trời sẽ là.

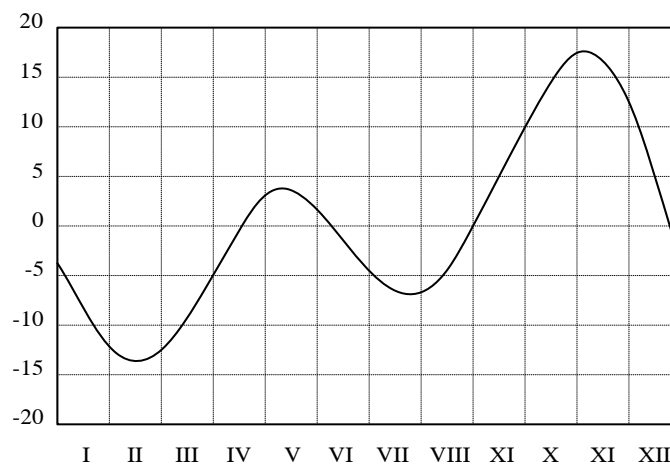
$$\omega = (12 - 9)15 = 45^\circ > 0$$

Lúc 15h, góc Mặt trời là.

$$\omega = (12 - 15)15 = -45^\circ < 0$$

Vậy góc giờ Mặt trời buổi sáng có trị dương, buổi chiều có giá trị âm.

❖ Giờ Mặt trời đúng T_{SV} .



Hình 1.2.4. Đường cong hiệu chỉnh thời gian $E(t)$

Giờ dùng trong các biểu thức xác định góc Mặt trời . Được gọi là giờ Mặt trời đúng T_{SV} . Nó không tương ứng với giờ địa phương nên phải hiệu chỉnh từ giờ địa phương sang giờ Mặt trời T_{SV} bằng các số hạng hiệu chỉnh: hằng số hiệu chỉnh tính đến sự sai khác giữa kinh tuyến địa phương và kinh tuyến gốc của quốc gia, và phương trình hiệu chỉnh thời gian $E(t)$, phụ thuộc thời điểm bất kỳ trong năm, đường cong phương trình này cho trên (Hình 1.2.4). Như vậy giờ Mặt trời T_{SV} được xác định bằng hệ thức.

$$T_{SV} = T_{LG} + E_T + 4(\varphi_{ST} - \varphi_{LG}) \quad (3.6)$$

Trong đó:

T_{LG} – giờ pháp định quốc gia tại địa phương. Gốc thời gian được tính từ kinh tuyến gốc hoặc kinh tuyến (giờ pháp định của Việt Nam bằng giờ của kinh tuyến gốc cộng thêm 7).

φ_{ST} - kinh tuyến tính giờ của quốc gia (Việt Nam lấy $\varphi_{ST} = 105^\circ$ Đ).

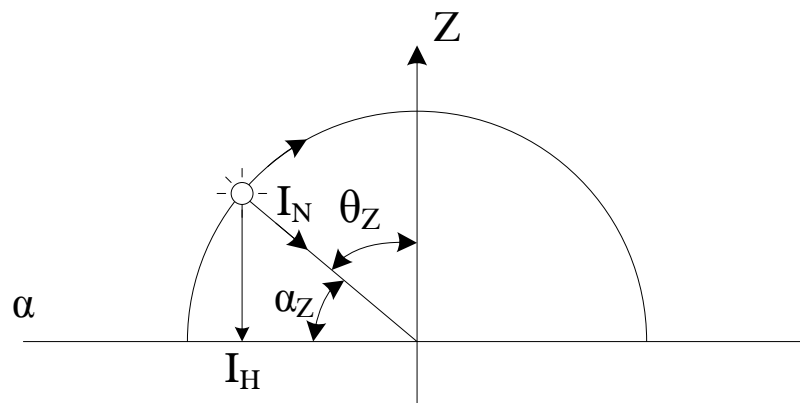
φ_{LG} - kinh tuyến địa phương (độ), dương với kinh tuyến đông, âm với kinh tuyến tây.

E_T - Thời sai – sai lệch về thời gian thay đổi theo chu kỳ, tùy thuộc thời điểm trong năm như đã cho ở (Hình 1.2.4).

- Góc cao Mặt trời α_z : nếu quy ước Mặt trời mọc ở hướng đông và lặn ở phía tây thì tại một thời điểm bất kỳ vị trí của nó được xác định bởi góc α_z - góc cao Mặt trời, đó là góc giữa phương nằm ngang và tia bức xạ tới, tức là góc phụ của góc thiên đỉnh (Hình 1.2.5) khi đó ta có $\alpha_z + \theta_Z = 90^\circ$.

Nếu gọi cường độ của chùm bức xạ tới là I_N hợp với pháp tuyến mặt phẳng nằm ngang một góc θ_Z , thì mặt phẳng nằm ngang đó nhận được cường độ bức xạ I_H được xác định theo hệ thức.

$$I_H = I_N \sin \alpha = I_N \cos \theta_Z \quad (3.7)$$



Hình 1.2.5. Xác định góc

Người ta đã xác định được hệ thức liên hệ giữa góc độ cao Mặt trời α_z tại một thời điểm bất kỳ theo góc giờ ω , vào một ngày bất kỳ trong năm theo góc lệch δ , ở một địa điểm bất kỳ trên mặt đất theo góc vĩ tuyến φ nhờ hệ thức sau.

$$\sin \alpha = \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \varphi \cdot \sin \delta \quad (3.8)$$

Từ biểu thức (3.8) ta rút ra được các hệ quả sau.

Góc độ cao Mặt trời lúc giữa trưa ($\omega = 0$), khi thay $\omega = 0$ (3.8) ta có:

$$\alpha_z = 90^\circ - (\varphi - \delta) \quad (3.9)$$

Từ (3.9) ta thấy độ cao của Mặt trời lúc giữa trưa (12 giờ), chỉ còn phụ thuộc vào vĩ tuyến (φ) và vào ngày quan sát (δ).

Cũng từ (3.8) ta xác định được góc giờ ω , lúc Mặt trời mọc hoặc Mặt trời lặn bằng cách cho $\alpha = 0$:

$$\cos \omega_s = -\text{tg} \varphi \cdot \text{tg} \delta \quad (4.0)$$

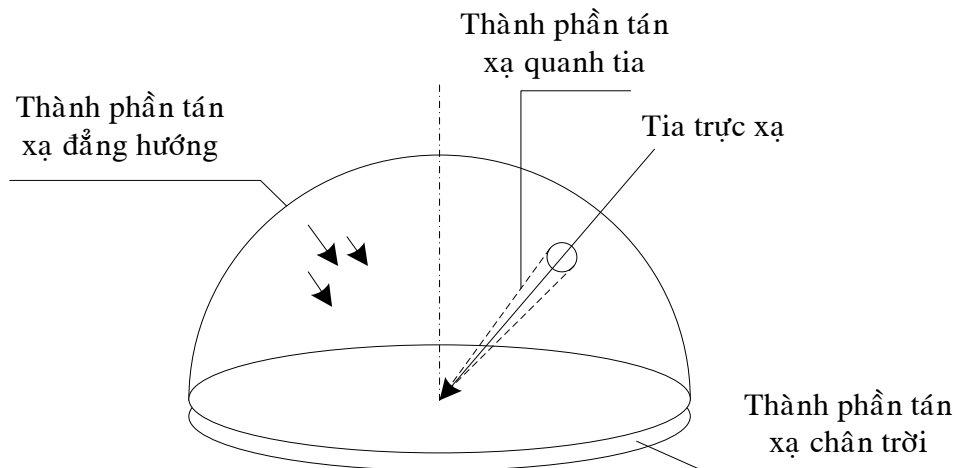
Từ (4.0) có thể suy ra độ dài N của ngày Mặt trời, hoặc số giờ có ánh sáng Mặt trời (bức xạ trực xạ) trong một ngày là.

$$N = \frac{2\omega_s}{15} = \frac{2}{15} \cos^{-1}(-\text{tg} \varphi \cdot \text{tg} \delta) \quad (4.1)$$

➤ Tổng cường độ bức xạ lên bề mặt Trái đất.

Năng lượng bức xạ mặt trời nhận được tại một bề mặt trên mặt đất bao gồm hai thành phần chính là trực xạ và tán xạ. Phần trực xạ đã được khảo sát ở trên, còn thành phần tán xạ thì khá phức tạp. Hướng của bức xạ khuếch tán truyền tới bề mặt là hàm số của độ mây và độ trong suốt của khí quyển, các đại lượng này lại thay đổi khá nhiều. Có thể xem bức xạ tán xạ là tổng hợp của 3 thành phần.

- *Thành phần tán xạ đẳng hướng*: là phần tán xạ nhận được đồng đều từ toàn bộ vòm trời.
- *Thành phần tán xạ quanh tia*: là phần tán xạ bị phát tán xung quanh tia mặt trời.
- *Thành phần tán xạ chân trời*: là phần tán xạ tập trung gần đường chân trời.



Hình 1.2.6. Sơ đồ phân bố các thành phần bức xạ khuếch tán

Góc khuếch tán ở mức độ nhất định phụ thuộc độ phản xạ R_g của mặt đất. Những bề mặt có độ phản xạ cao (ví dụ bề mặt tuyết xốp có $R_g = 0,7$) sẽ phản xạ mạnh bức xạ Mặt trời trở lại bầu trời và lần lượt bị phát tán trở thành tán xạ chân trời.

Như vậy, bức xạ Mặt trời truyền đến một bề mặt nghiêng trên Trái đất E_{ng} là tổng của các dòng bức xạ trực xạ E_b , 3 thành phần bức xạ tán xạ gồm E_{d1} , E_{d2} , E_{d3} và bức xạ phản xạ từ các bề mặt lân cận E_r :

$$E_{\Sigma} = E_b + E_{d1} + E_{d2} + E_{d3} + E_r \quad (4.2)$$

Tuy nhiên việc tính toán các thành phần tán xạ là rất phức tạp. Vì vậy người ta giả thiết sự kết hợp của bức xạ khuếch tán và bức xạ phản xạ của mặt đất là đẳng hướng, nghĩa là tổng bức xạ khuếch tán từ bầu trời và bức xạ phản xạ của mặt đất là như nhau trong mọi trường hợp không phụ thuộc hướng của bề mặt. Như vậy, tổng xạ trên bề mặt nghiêng sẽ là tổng của trực xạ E_b , B_b và tán xạ trên mặt nằm ngang E_d .

Khi đó một bề mặt nghiêng tạo góc β so với phương nằm ngang sẽ có tổng xạ $E_{\beta\Sigma}$ gồm 3 thành phần

$$E_{\beta\Sigma} = E_b B_b + E_d \left(\frac{1 + \cos\beta}{2} \right) + E_{\Sigma} R_g \left(\frac{1 - \cos\beta}{2} \right) \quad (4.3)$$

Trong đó:

E_{Σ} - tổng xạ trên bề mặt nằm ngang;

$(1 + \cos\beta)/2 = F_{cs}$ - hệ số góc của bề mặt đối với bầu trời;

$(1 - \cos\beta)/2 = F_{cg}$ - hệ số góc của bề mặt đối với mặt đất;

R_g - hệ số phản xạ bức xạ của môi trường xung quanh.

Và ta có tỷ số bức xạ B_b của bề mặt nghiêng góc β so với bề mặt ngang:

$$B_b = \frac{E_n}{E_{bng}} = \frac{E_n \cdot \cos\theta}{E_n \cdot \cos\theta_z} = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} \quad (4.4)$$

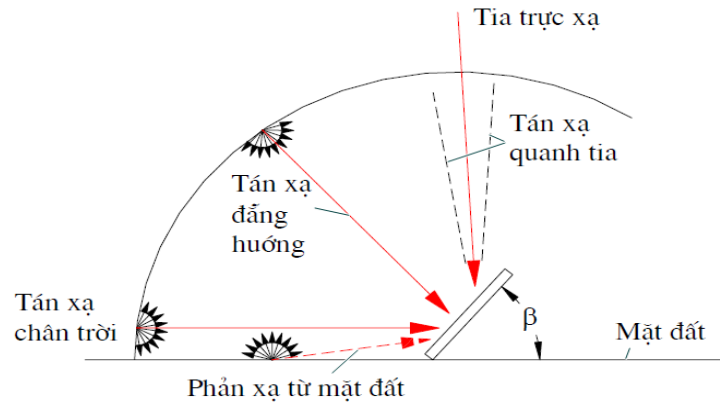
B_b - tỷ số bức xạ của bề mặt nghiêng so với bề mặt ngang;

E_n - cường độ bức xạ Mặt trời tới theo phương bất kỳ,

E_{bng} - bức xạ Mặt trời theo phương vuông góc với mặt nằm ngang,

E_{bng} - bức xạ Mặt trời theo phương vuông góc với mặt phẳng nghiêng,

$\cos\theta$ và $\cos\theta_z$ được xác định theo các phương trình trên và các góc được biểu diễn trên (Hình 1.2.8).



Hình 1.2.7. Các thành phần bức xạ lên bề mặt nghiêng

Trong tính toán kỹ thuật có thể coi cường độ bức xạ tới mặt đất là hàm của thời gian τ , tính từ khi Mặt trời mọc ($\tau = 0$) đến khi Mặt trời lặn ($\tau = \tau_n/2$) với $\tau_n = 24h = 24.3600s$ như sau:

$$E(\tau) = E_n \cdot \sin\varphi(\tau) \quad (4.5)$$

với:

$\varphi(\tau) = \omega \cdot \tau$ - góc nghiêng tia nắng so với mặt đất;

$$\omega = \frac{2\pi}{\tau_n} = \frac{2\pi}{24 \cdot 3600} = 7,72 \cdot 10^{-5} \text{ rad/s} \quad (4.6)$$

ω - tốc độ góc tự xoay của trái đất .

E_n (W/m^2) - cường độ bức xạ cực đại trong ngày, lấy giá trị trung bình cả năm theo số liệu đo đạc thực tế tại vĩ độ cần xét.



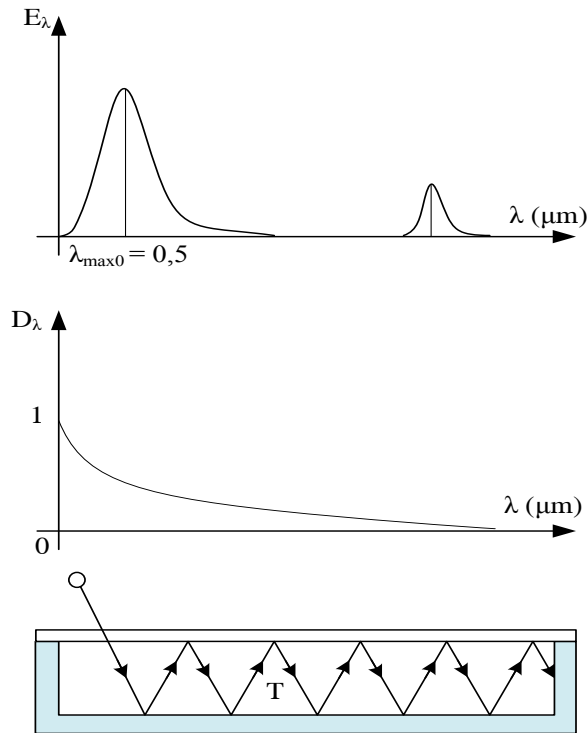
Hình 1.2.8. Các thành phần bức xạ lên bề mặt ngang (a) và nghiêng (b)

1.3.3. Bức xạ Mặt trời truyền qua kính

Hầu hết các bộ thu năng lượng Mặt trời đều sử dụng kính làm vật liệu che phủ bề mặt bộ thu vì tính chất quang học ưu việt của nó. Độ hấp thụ, độ truyền qua và độ phản xạ của kính là hàm số của bức xạ tới, độ dày và chỉ số khúc xạ. Sau đây ta sẽ nghiên cứu các tính chất đặc trưng của quá trình truyền năng lượng bức xạ Mặt trời qua kính.

1.3.3.1. Hiệu ứng lồng kính

Hiệu ứng lồng kính là hiện tượng tích lũy năng lượng bức xạ Mặt trời dưới một tấm kính hoặc một lớp khí nào đó, ví dụ CO₂ hoặc NO_x. Hiện tượng này được giải thích như sau: tấm kính hoặc khí có độ trong đơn sắc D_λ giảm dần khi bước sóng λ tăng. Còn bước sóng λ_{\max} khi E_λ đạt giá trị cực đại – là bước sóng mang nhiều năng lượng nhất – thì lại giảm theo định luật Wien $\lambda_{\max}.T = 2,9.10^{-3}$ (m.K).



Hình 1.2.9. Hiệu ứng lồng kính

Bức xạ Mặt trời phát ra ở nhiệt độ cao $T_0 = 5762\text{K}$, có năng lượng tập trung quanh sóng $\lambda_{\max0} = 0,5 \mu\text{m}$ sẽ xuyên qua kính hoàn toàn vì $D(\lambda_{\max0}) \approx 1$. Bức xạ thứ cấp phát từ vật thu có nhiệt độ thấp, khoảng $T \leq 400\text{K}$, có năng lượng tập trung quanh sóng $\lambda_{\max} = 8\mu\text{m}$ hầu như không xuyên qua kính vì $D(\lambda_{\max}) \approx 0$, và bị phản xạ lại mặt thu. Hiệu số (năng lượng vào – năng lượng ra) > 0 , được tích lũy phía dưới tấm kính làm nhiệt độ tại đó tăng lên.

1.3.3.2. Sự phản xạ của bức xạ Mặt trời

Đối với các bề mặt nhẵn, biểu thức Fresnel của độ phản xạ qua môi trường thứ nhất có độ khúc xạ (chiết suất) n_1 đến môi trường thứ 2 có chiết suất n_2 là:

Đối với thành phần vuông góc của bức xạ.

$$r_{\perp} = \frac{\sin^2(\theta_2 - \theta_1)}{\sin^2(\theta_2 + \theta_1)} \quad (4.7)$$

Đối với thành phần song song của bức xạ.

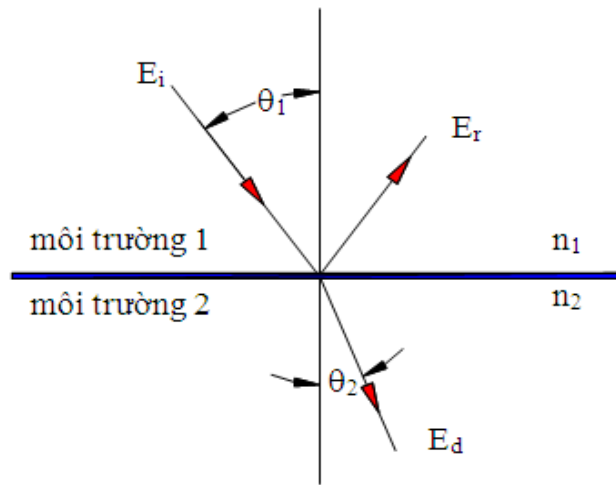
$$r_p = \frac{\operatorname{tg}^2(\theta_2 - \theta_1)}{\operatorname{tg}^2(\theta_2 + \theta_1)} \quad (4.8)$$

Độ phản xạ trung bình của hai thành phần song song và vuông góc.

$$r = \frac{E_r}{E_i} = \frac{r_{\perp} + \theta_p}{2} \quad (4.9)$$

E_r, E_i - Tương ứng là cường độ bức xạ tới và cường độ bức xạ phản xạ.
 Các góc θ_1 và θ_2 là góc tới và góc khúc xạ (Hình 1.3), có quan hệ với độ khúc xạ n theo định luật Snel:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} \quad (5.0)$$



Hình 1.3. Quá trình truyền tia bức xạ.

Như vậy, nếu biết các đại lượng góc θ_1, θ_2 và chiết suất các môi trường n_1, n_2 ta có thể xác định được độ phản xạ r của bề mặt. Đối với tia bức xạ tới vuông góc, $\theta_1 = \theta_2 = 0$ và các phương trình trên có thể kết hợp:

$$r_{(0)} = \frac{E_r}{E_i} = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad (5.1)$$

Nếu một môi trường là không khí (chiết suất $n_2 \approx 1$) thì:

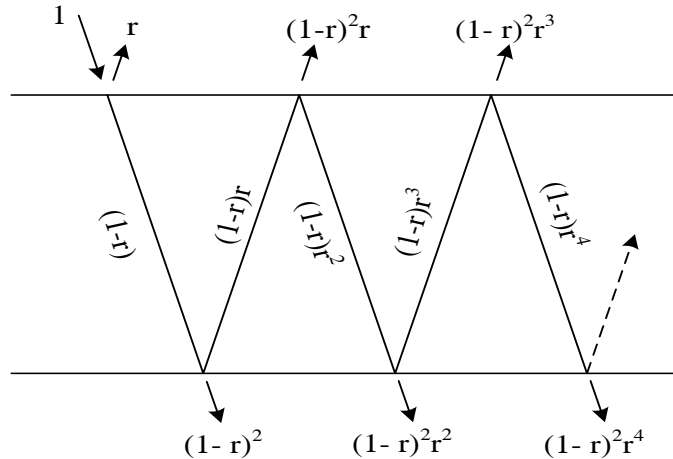
$$r_{(0)} = \frac{E_r}{E_i} = \left(\frac{n_1 - 1}{n_1 + 1} \right)^2 \quad (5.2)$$

Đối với các loại bộ thu năng lượng Mặt trời thường sử dụng kính hoặc vật liệu màng mỏng trong suốt phủ trên bề mặt hấp thụ nhiệt bức xạ, vì vậy luôn có 2 bề mặt ngăn cách của mỗi lớp vật liệu phủ gây ra tổn thất phản xạ. Nếu bỏ qua nhiệt lượng hấp thụ của lớp vật liệu này và xét tại thời điểm chỉ có thành phần vuông góc của bức xạ tới (Hình 1.3.1) thì đại lượng $(1 - r_{\perp})$ của tia bức xạ

tới sẽ tới được bề mặt thứ 2, trong đó $(1 - r_{\perp})^2$ đi qua bề mặt phân cách và $r_{\perp}(1 - r_{\perp})$ bị phản xạ trở lại bề mặt phân cách thứ nhất, .v.v...

Cộng tất cả các thành phần được truyền qua thì hệ số truyền qua của thành phần vuông góc:

$$d_{\perp} = (1 - r_{\perp})^2 \sum r_{\perp}^{2n} = \frac{(1 - r_{\perp})^2}{1 - r_{\perp}} = \frac{1 - r_{\perp}}{1 + r_{\perp}} \quad (5.3)$$



Hình 1.3.1. Quá trình truyền tia bức xạ qua lớp phủ không hấp thụ.

Đối với thành phần song song cũng có kết quả tương tự và hệ số truyền qua trung bình của cả hai thành phần:

$$d_r = \frac{1}{2} \left(\frac{1 - r}{1 + r} + \frac{1 - r_{\perp}}{1 + r_{\perp}} \right) \quad (5.4)$$

Nếu bộ thu có N lớp vật liệu phủ trong suốt như nhau thì:

$$d_{rN} = \frac{1}{2} \left(\frac{1 - r}{1 + (2N - 1)r} + \frac{1 - r_{\perp}}{1 + (2N - 1)r_{\perp}} \right) \quad (5.5)$$

1.3.3.3. Tổn thất do hấp thụ bức xạ của kính

Sự hấp thụ bức xạ trong vật liệu không trong suốt được xác định theo định luật Bougure dựa trên giả thiết là bức xạ hấp thụ tỷ lệ với cường độ bức xạ qua vật liệu và khoảng cách x mà bức xạ đi qua:

$$dE = - E.K.dx \quad (5.6)$$

Với K là hằng số tỷ lệ.

Lấy tích phân dọc theo đường đi của tia bức xạ trong vật liệu từ 0 đến $\delta/\cos\theta_2$ (δ là chiều dày lớp vật liệu) sẽ được hệ số truyền qua của vật liệu khi có hấp thụ bức xạ:

$$D_a = \frac{E_d}{E_i} = \exp\left(-\frac{K\delta}{\cos\theta_2}\right) \quad (5.7)$$

Trong đó: E_d là năng lượng bức xạ truyền qua lớp vật liệu.

$K = 4m^{-1}$ đối với kính có cạnh màu trắng bạc

$K \approx 32m^{-1}$ đối với kính có cạnh màu xanh lục.

1.3.3.4. Hệ số truyền qua và hệ số phản xạ của kính

Hệ số truyền qua, hệ số phản xạ và hệ số hấp thụ của một lớp vật liệu có thể được xác định như sau:

Đối với thành phần vuông góc của bức xạ:

$$D_{\perp} = \frac{D_a(1-r)^2}{1-(r_{\perp}D_a)^2} = D_a \frac{1-r_{\perp}}{1+r_{\perp}} \left[\frac{1-r_{\perp}^2}{1-(r_{\perp}D_a)^2} \right] \quad (5.8)$$

$$R_{\perp} = r_{\perp} + \frac{(1-r)^2 D_a^2 \cdot r_{\perp}}{1-(r_{\perp}D_a)^2} = r_{\perp}(1 + D_a \cdot D_{\perp}) \quad (5.9)$$

$$A_{\perp} = (1 - D_a) \left[\frac{1 - r_{\perp}}{1 - r_{\perp}D_a} \right] \quad (6.0)$$

Thành phần song song của bức xạ cũng được xác định bằng các biểu thức tương tự. Đối với bức xạ tới không phân cực, các tính chất quang học được xác định bằng trung bình cộng của hai thành phần này.

Đối với các bộ thu năng lượng Mặt trời thực tế, thường $D_a > 0,9$ và $r \approx 0,1$. Do đó, từ phương trình trên ta có $D_{\perp} \approx 1$ (tương tự $D_{//} \approx 1$)

1.3.3.5. Hệ số truyền qua đối với bức xạ khuếch tán

Do bức xạ khuếch tán là vô hướng nên về nguyên tắc lượng bức xạ này truyền qua kính có thể được xác định bằng cách tích phân dòng bức xạ theo tất cả các góc tới. Tuy nhiên do sự phân bố góc của bức xạ khuếch tán nói chung không thể xác định được nên việc tích phân biểu thức này gặp nhiều khó khăn. Nếu bức xạ khuếch tán không phụ thuộc vào góc tới thì có thể tính toán đơn giản hoá bằng cách định nghĩa một góc tương đương đối với bức xạ có cùng hệ số truyền qua như tán xạ. Đối với một khoảng khá rộng các điều kiện tính toán thì góc tương đương này là 60° . Nói cách khác, trực xạ với góc tới 60° có cùng hệ số truyền qua như bức xạ khuếch tán đẳng hướng.

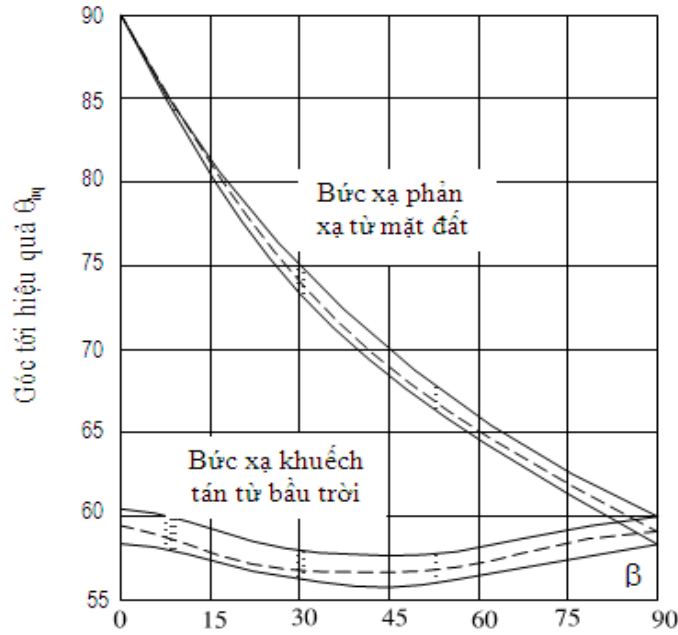
Hình 1.3.2 biểu diễn quan hệ giữa góc tới hiệu quả của bức xạ tán xạ đẳng hướng và bức xạ phản xạ từ mặt đất với các góc nghiêng khác nhau của bộ thu. Có thể xác định gần đúng quan hệ này bằng biểu thức toán học sau:

- Đối với bức xạ phản xạ từ mặt đất:

$$\theta_{hq} = 90 - 0,5788\beta + 0,002693\beta^2 \quad (6.1)$$

- Đối với bức xạ phản khuếch tán:

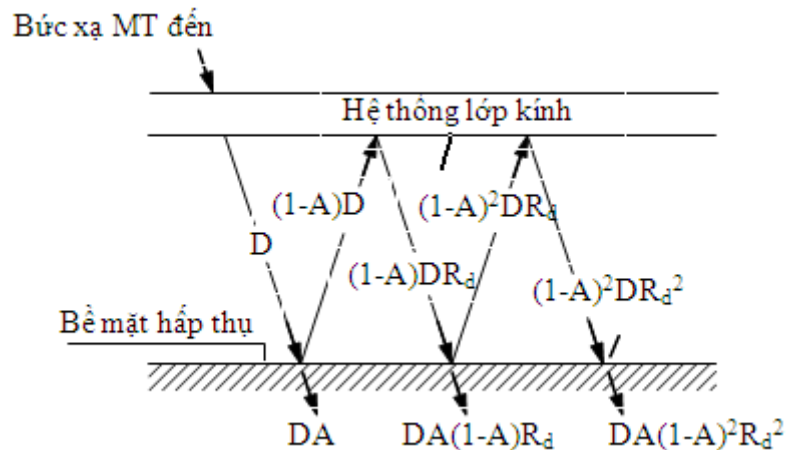
$$\theta_{hq} = 59,7 - 0,1388\beta + 0,001497\beta^2 \quad (6.2)$$



Hình 1.3.2. Góc tới hiệu quả của tán xạ đẳng hướng và bức xạ phản xạ từ mặt đất trên mặt phẳng nghiêng.

1.3.3.6. Tích số của hệ số truyền qua và hệ số hấp thụ (DA)

Tích số DA của hệ số truyền qua và hệ số hấp thụ được coi như ký hiệu biểu diễn tính chất của một tổ hợp bộ thu nhiệt và kính. Trong số các tia bức xạ xuyên qua kính tới bề mặt hấp thụ của bộ thu, một phần lại bị phản xạ trở lại hệ thống kính. Tuy nhiên nhờ hiệu ứng lồng kính mà phần lớn lượng bức xạ này được phản xạ trở lại bộ thu như biểu diễn trên Hình 1.3.3 trong đó D là hệ số truyền qua của kính và A là hệ số hấp thụ của bề mặt bộ thu nhiệt.



Hình 1.3.3. Quá trình hấp thụ bức xạ mặt trời của bộ thu kiểu lồng kính.

Như vậy, trong số năng lượng tới DA là phần sẽ được bộ thu hấp thụ, còn $(1 - A)D$ là phần bị phản xạ trở lại hệ thống kính che. Sự phản xạ này được giả

thiết là khuếch tán, như vậy phần năng lượng $(1 - A)D$ tới tấm che là bức xạ khuếch tán và $(1 - A)DR_d$ là phần được phản xạ trở lại về mặt bộ thu.

Đại lượng R_d là hệ số phản xạ của hệ thống kính đối với bức xạ khuếch tán từ bề mặt bộ thu và có thể xác định từ phương trình:

$$R_d = D_a(1 - D_r) = D_a - D \quad (6.3)$$

như độ chênh lệch giữa D_a và D ở góc tới 60°

Nếu hệ thống kính gồm 2 hay nhiều lớp thì R_d sẽ khác một chút so với độ phản xạ khuếch tán của bức xạ tới. Sự phản xạ nhiều lần đối với bức xạ khuếch tán sẽ tiếp tục để cho phần năng lượng tới được hấp thụ có trị số:

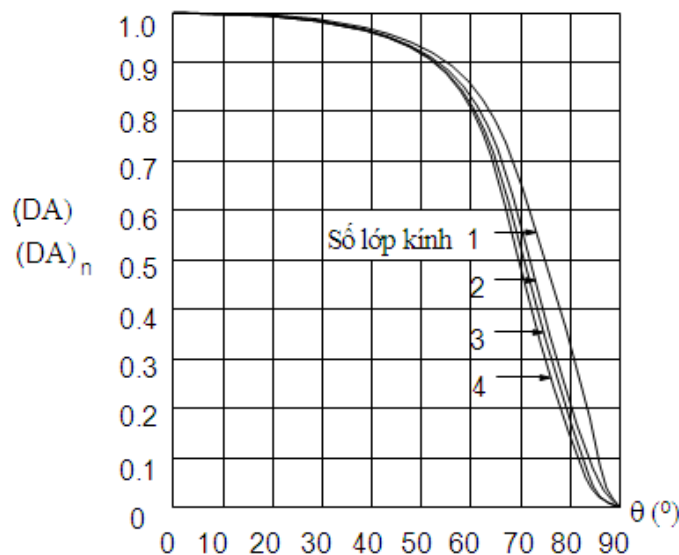
$$(DA) = DA \sum_{n=0}^{\infty} [(1 - A)R_d]^n = \frac{DA}{1 - (1 - A)R_d} \quad (6.4)$$

Nói cách khác, sẽ có (DA) phần năng lượng bức xạ truyền tới được bề mặt hấp thụ của bộ thu.

Trong thực tế A khá lớn và R_d khá nhỏ nên một cách gần đúng người ta thường xác định:

$$(DA) = 1,01.D.A \quad (6.5)$$

Do D và A phụ thuộc vào góc tới nên tích số (DA) cũng phụ thuộc góc tới θ . Để xác định quan hệ giữa (DA) và θ có thể sử dụng đồ thị ở (Hình 1.2.4), trong đó $(DA)_n$ là tích số (DA) ứng với trường hợp tia tới vuông góc với bề mặt bộ thu ($\theta = 0$).



Hình 1.3.4. Đường cong $(DA)/(DA)_n$ của bộ thu có 1, 2, 3, 4 lớp kính.

1.3.3.7. Tổng năng lượng bức xạ Mặt trời hấp thụ được tại bộ thu

Năng lượng bức xạ Mặt trời được bộ thu hấp thụ gồm 3 thành phần chính: trực xạ, tán xạ và phản xạ của mặt đất. Với bộ thu đặt nghiêng một góc β , tổng lượng bức xạ mặt trời hấp thụ của bộ được tính theo công thức sau:

$$S = E_b B_b (DA)_b + E_d (DA)_d \left(\frac{1 + \cos\beta}{2} \right) + R_d (E_b + E_d) (DA)_g \left(\frac{1 - \cos\beta}{2} \right) \quad (6.6)$$

với:

E_b, E_d là cường độ bức xạ trực xạ và tán xạ;

B_b - tỷ số giữa bức xạ trực xạ lên mặt phẳng nghiêng và mặt phẳng nằm ngang;

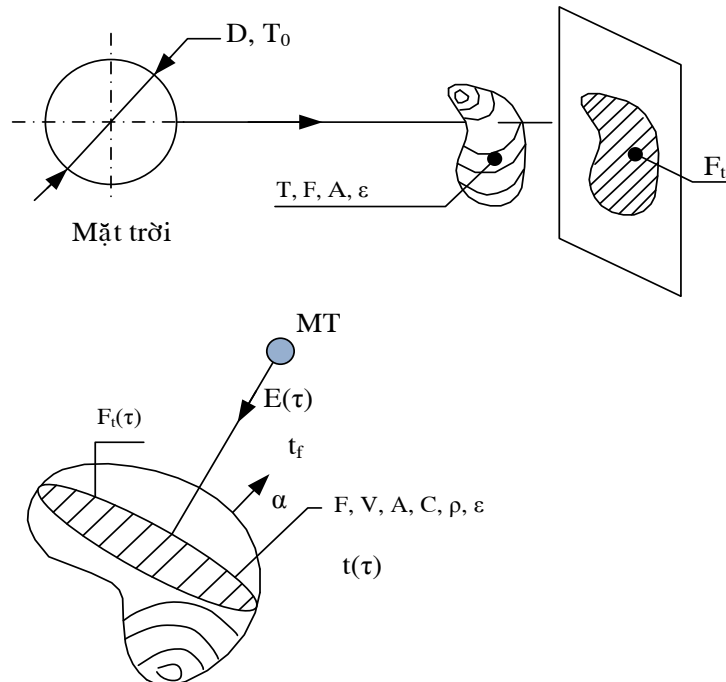
$(1 + \cos\beta)/2$ và $(1 - \cos\beta)/2$ - hệ số góc của bộ thu đối với bầu trời và mặt đất;

$(DA)_b, (DA)_d, (DA)_g$ - tích số hệ số truyền qua và hấp thụ tương ứng đối với trực xạ, tán xạ và phản xạ từ mặt đất.

2.4.3.8. Cân bằng nhiệt và nhiệt độ cân bằng của vật thu bức xạ Mặt trời.

Nhiệt độ cân bằng T của vật thu bức xạ Mặt trời là nhiệt độ ổn định trên bề mặt vật, khi có sự cân bằng giữa công suất bức xạ vật hấp thụ được và công suất nhiệt phát ra từ vật ra môi trường.

Nhiệt độ cân bằng chính là nhiệt độ lớn nhất mà vật có thể đạt tới sau thời gian thu bức xạ đã lâu, khi ΔU của vật = 0.



Hình 1.3.5. Xác định T và $t(\tau)$

Ta sẽ lập công thức tính nhiệt độ cân bằng T của vật V có diện tích xung quanh F , hệ số hấp thụ A , hệ số bức xạ ε đặt trong chân không cách Mặt Trời một khoảng r có diện tích hứng năng F_t , là hình chiếu của F lên mặt phẳng vuông góc với tia nắng hay chính là diện tích “cái bóng” của V .

Phương trình cân bằng nhiệt cho V có dạng:

Công suất do V hấp thụ = công suất phát bức xạ từ V

$$\text{Hay: } A.E_t.F_t = E.F \rightarrow A.\sigma_0.T_0^4(D/2r)^2.F_t = \varepsilon.\sigma_0.T^4 F \quad (6.7)$$

Suy ra:

$$S(r, F_t, F, A, \varepsilon) = T_0 \left(\frac{D}{2r}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{AF_t}{\varepsilon F}\right)^{\frac{1}{4}}, (K) \quad (6.8)$$

Nếu V là vật xám, có $A = \varepsilon$ thì:

$$T(r, F_t, F) = T_0 \left(\frac{D}{2r}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{AF_t}{\varepsilon F}\right)^{\frac{1}{4}} \quad (6.9)$$

Nếu V là vật xám hình cầu, có $F_t/F = 1/4$ thì:

$$T(r) = \frac{1}{2} T_0 \sqrt{\frac{D}{r}}, (K) \quad (7.0)$$

Nếu vật V có thông số $(\rho, C, \varepsilon, A, F, V)$ đặt trong khí quyển nhiệt độ t_f , toả nhiệt phức hợp với hệ số α , thì phương trình cân bằng nhiệt trong thời gian dt cho V là: $\delta Q_A = dU + \delta Q_\alpha$

$$\text{hay: } A.E_n.\sin(\omega.\tau).F_t(\tau).d\tau = \rho.V.C.dt + \alpha.F(t - t_f)dt \quad (7.1)$$

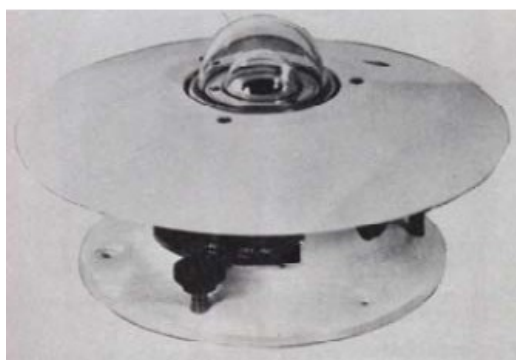
có dạng:

$$\frac{dt}{d\tau} + t \frac{\alpha F}{\rho V C} = \frac{A E_m}{\rho V C} F_t(\tau) \sin(\omega\tau) \quad (7.2)$$

Khi biết quy luật thay đổi diện tích thu năng $F_t(\tau)$ có thể giải phương trình vi phân với điều kiện đầu $t(\tau = 0) = t_f$ để tìm hàm biến đổi $t(\tau)$ của nhiệt độ vật theo thời gian.

1.4. ĐO CƯỜNG ĐỘ BỨC XẠ MẶT TRỜI

Ngoài phương pháp xác định cường độ bức xạ Mặt trời tại một điểm bất kỳ dựa trên vị trí địa lý như trên, trong thực tế người ta đã chế tạo các dụng cụ đo cường độ bức xạ mặt trời trực xạ kế (pyrheliometer, actinometer) dùng để đo bức xạ trực xạ; nhật xạ kế (pyranometer, solarimeter) dùng để đo tổng xạ.



Hình a. Trục xạ kế



Hình b. Nhật xạ kế

Hình 1.3.6. Thiết bị đo năng lượng bức xạ Mặt trời

1.5. NĂNG LƯỢNG BỨC XẠ MẶT TRỜI Ở VIỆT NAM [1].

1.5.1. Cường độ bức xạ (CĐBX).

Theo kết quả xử lý số liệu quan trắc của 112 trạm khí tượng thủy văn phân bố trên toàn quốc về bức xạ Mặt trời và thời gian nắng, được thu thập liên tục trong khoảng thời gian từ 18 ÷ 29 năm, mỗi ngày tiến hành 5 lần quan trắc vào các giờ 6h30; 9h30; 12h30; 15h30 và 18h30.

- Giá trị cường độ tổng xạ trung bình ngày được tính theo công thức

$$\overline{Q_d} = \frac{\overline{Q_1}}{2} \tau_{\text{moc}} + \left(\frac{\overline{Q_1}}{2} + \sum_{i=2}^n \overline{Q_i} + \frac{\overline{Q_k}}{2} \right) + \frac{\overline{Q_k}}{2} \tau_{\text{lan}} \quad (\text{kWh/m}^2/\text{n}) \quad (7.3)$$

Trong đó:

$\overline{Q_d}$ – lượng tổng xạ trung bình cả ngày

$\overline{Q_1}$ – cường độ tổng xạ trung bình ở kỳ quan trắc đầu có giá trị $Q > 0$

$\overline{Q_k}$ – cường độ tổng xạ trung bình ở kỳ quan trắc cuối có giá trị $Q > 0$

τ_{moc} – khoảng thời gian giữa lúc Mặt trời mọc và kỳ quan trắc đầu có $Q > 0$

τ_{lan} – khoảng thời gian giữa lúc Mặt trời lặn và kỳ quan trắc cuối có $Q > 0$

- Giá trị cường độ tổng xạ trung bình cả năm ($\text{kWh/m}^2/\text{năm}$) hay ($\text{kWh/m}^2/\text{N}$)

$$\overline{Q_1} = \frac{\sum_i S_i Q_i}{\sum_i S_i} \quad (\text{kWh/m}^2/\text{N}) \quad (7.4)$$

Trong đó:

S_i – diện tích của địa phương có đặt trạm quan trắc thứ i

Q_i – cường độ bức xạ trung bình trong nhiều năm tại trạm quan trắc thứ i

$\sum_i Q_i$ – tổng diện tích của nhóm địa phương hoặc tất cả các địa phương trong toàn quốc (số liệu thống kê năm 1989)

Cường độ bức xạ trung bình ngày và trung bình năm cho trong *Bảng 1.5.2*

1.5.2. số giờ nắng trong năm.

Số giờ nắng được đo bằng nhật quang ký Cambell – Stocker, trong đó có một số rất ít trạm dùng nhật quang ký Jordan, nhưng sự khác nhau giữa hai loại máy đo này là không đáng kể. Các giờ nắng được tính khi cường độ bức xạ (CĐBX) có giá trị $Q \geq 140 \text{ W/m}^2$, đã để lại vết cháy trên bản đồ. Dựa vào số liệu đo được của 112 trạm để tính số giờ nắng trung bình trong vùng lãnh thổ. Số giờ nắng trung bình cả năm của các vùng lãnh thổ được cho trong *Bảng 1.5.3* trên cơ sở tính theo công thức (7.5).

$$\bar{T} = \frac{\sum_i S_i T_i}{\sum_i S_i} \text{ (h/N)} \quad (7.5)$$

Trong đó:

\bar{T} – số giờ nắng trung bình trong năm (h/N).

S_i – diện tích của địa phương có đặt trạm quan trắc thứ i (km^2)

T_i – tổng số giờ nắng trung bình trong nhiều năm tại trạm đo thứ i (h/N).

$\sum_i S_i$ – tổng diện tích của nhóm địa phương hoặc tất cả các địa phương trong cả nước (theo số liệu thống kê năm 1989).

Bảng 1.5.2

Vùng lãnh thổ	Tên địa phương	CĐBX trung bình	
		(kWh/m ² /n)	(kWh/m ² /N)
1	Vùng núi phía Bắc, Đông Bắc, Đồng bằng sông Hồng đến Vinh – Nghệ An.	3,91	1.427
2	Vùng núi Tây Bắc, Thanh Hóa, Hà Tĩnh, Quảng Bình, Quảng Trị.	4,44	1.549
3	Thừa Thiên – Huế, ven biển từ Đà Nẵng đến Phú Yên, Kon Tum, Gia Lai, các tỉnh miền Đông Nam Bộ, T.P Hồ Chí Minh, các tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long.	4,80	1.799
4	Đắc Lắc, Lâm Đồng, Khánh Hòa, Ninh Thuận, Bình Thuận, Bà Rịa	5,61	2.084

	Vũng Tàu.		
	Cả nước	4,59	1.675

Bảng 1.5.3

Vùng lãnh thổ	Tên địa phương	Số giờ nắng TB trong năm
1	Điện Biên, Lai Châu, Sơn La Mộc Châu	1.930
2	Lào Cai, Hà Giang, Vùng Tây Bắc Bộ	1.452
3	Vùng núi phía Bắc, Đông Bắc, Đồng bằng sông Hồng, vùng Bắc khu IV cũ (đến Hà Tĩnh)	1.631
4	Quảng Bình, Quảng Trị, vùng núi Thừa Thiên – Huế	1.818
5	Vùng ven biển từ Quảng Trị, Thừa Thiên – Huế đến Ninh Thuận	2.294
6	Phan thiết (Bình thuận)	2.961
7	Kon – Tum, Gia Lai, Đắc Lắc, Lâm Đồng	2.431
8	Đông Nam Bộ, T.P Hồ Chí Minh, Đồng bằng sông Cửu Long.	2.411
	Trung bình cả nước	1.854

Ghi chú: Số giờ nắng trung bình cả năm của các trạm có giá trị xấp xỉ nhau được xếp thành một nhóm lãnh thổ và được tính bằng công thức (7.5).

1.6. ỨNG DỤNG CỦA NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI [4].

Năng lượng Mặt trời là nguồn năng lượng mà con người biết sử dụng từ rất sớm, nhưng ứng dụng năng lượng Mặt trời vào các công nghệ sản xuất và trên quy mô rộng thì mới chỉ thực sự vào cuối thế kỷ 18 và cũng chủ yếu ở những nước nhiều năng lượng Mặt trời, những vùng sa mạc. Từ sau các cuộc khủng hoảng năng lượng thế giới năm 1968 và 1973, năng lượng Mặt trời càng được đặc biệt quan tâm. Các nước công nghiệp phát triển đã đi tiên phong trong việc nghiên cứu ứng dụng năng lượng Mặt trời. Năng lượng Mặt trời hiện nay đã

được ứng dụng vào nhiều lĩnh vực khác nhau, phổ biến hiện nay bao gồm các lĩnh vực chủ yếu sau:

1.6.1. Ứng dụng trong việc sản xuất điện.

➤ Pin Mặt trời.

Pin Mặt trời là phương pháp sản xuất điện trực tiếp từ năng lượng Mặt trời qua thiết bị biến đổi quang điện. Pin mặt trời có ưu điểm là gọn nhẹ có thể lắp bất kỳ ở đâu có ánh sáng Mặt trời, đặc biệt là trong lĩnh vực tàu vũ trụ. Ứng dụng năng lượng Mặt trời dưới dạng này được phát triển với tốc độ rất nhanh, nhất là ở các nước phát triển. Ngày nay con người đã ứng dụng pin năng lượng Mặt trời để chạy xe thay thế dần nguồn năng lượng truyền thống.



Hình 1.3.7. Hệ thống pin Mặt Trời

➤ Nhà máy nhiệt điện sử dụng năng lượng Mặt Trời

Điện năng có thể tạo ra từ năng lượng Mặt trời dựa trên nguyên tắc tạo nhiệt độ cao bằng một hệ thống gương phản chiếu và hội tụ để gia nhiệt cho môi chất làm việc truyền động cho máy phát điện. Hiện nay trong các nhà máy nhiệt điện sử dụng năng lượng Mặt trời có các loại hệ thống bộ thu chủ yếu sau đây:

- Hệ thống dùng parabol trụ để tập trung tia bức xạ Mặt trời vào một ống môi chất đặt dọc theo đường hội tụ của bộ thu, nhiệt độ có thể đạt tới 400°C.
- Hệ thống nhận nhiệt trung tâm bằng cách sử dụng các gương phản xạ có định vị theo phương mặt trời để tập trung năng lượng Mặt trời đến bộ thu đặt trên đỉnh tháp cao, nhiệt độ có thể đạt tới trên 1500°C.

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP: THIẾT KẾ NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN MẶT TRỜI.

- Hệ thống sử dụng gương parabol tròn xoay định vị theo phương Mặt trời để tập trung năng lượng Mặt trời vào một bộ thu đặt ở tiêu điểm của gương, nhiệt độ có thể đạt trên 1500°C .
- Hiện nay người ta còn dùng năng lượng Mặt trời để phát điện theo kiểu “tháp năng lượng Mặt trời - Solar power tower”.



Hình 1.3.9 . Nhà máy điện nhiệt Mặt trời 100MW ở Nam Phi

1.6.2. Ứng dụng nhiệt

- Thiết bị sấy năng lượng Mặt trời.

Hiện nay năng lượng Mặt trời được ứng dụng khá phổ biến trong lĩnh vực nông nghiệp để sấy các sản phẩm như ngũ cốc, thực phẩm..., nhằm giảm tỷ lệ hao hụt và tăng chất lượng sản phẩm. Ngoài mục đích để sấy các loại nông sản, năng lượng Mặt trời còn được dùng để sấy các loại vật liệu như gỗ.



Hình 1.4. Thiết bị sấy dùng năng lượng Mặt trời.

➤ Bếp nấu ăn dùng năng lượng Mặt trời.

Bếp năng lượng Mặt trời được ứng dụng rất rộng rãi ở các nước nhiều năng lượng Mặt trời như các nước ở Châu Phi.

Ở Việt Nam việc bếp năng lượng Mặt trời cũng đã được sử dụng khá phổ biến. Năm 2000, Trung tâm Nghiên cứu thiết bị áp lực và năng lượng mới - Đại học Đà Nẵng đã phối hợp với các tổ chức từ thiện Hà Lan triển khai dự án (30 000 USD) đưa bếp năng lượng Mặt trời - bếp tiện lợi (BTL) vào sử dụng ở các vùng nông thôn của tỉnh Quảng Nam, Quảng Ngãi, dự án đã phát triển rất tốt và ngày càng được đông đảo nhân dân ủng hộ.

Trong năm 2002, Trung tâm dự kiến sẽ đưa 750 BTL vào sử dụng ở các xã huyện Núi Thành và triển khai ứng dụng ở các khu ng- dân ven biển để họ có thể nấu nước, cơm và thức ăn khi ra khơi bằng năng lượng Mặt trời.



Hình 1.4.1. Bếp dùng năng lượng Mặt trời.

➤ Thiết bị đun nước nóng bằng năng lượng Mặt trời.

Ứng dụng đơn giản, phổ biến và hiệu quả nhất hiện nay của năng lượng Mặt trời là dùng để đun nước nóng. Các hệ thống nước nóng dùng năng lượng Mặt trời đã được dùng rộng rãi ở nhiều nước trên thế giới.



Hình 1.4.2. Hệ thống cung cấp nước nóng dùng năng lượng Mặt trời.

➤ Thiết bị làm lạnh dùng năng lượng Mặt trời.

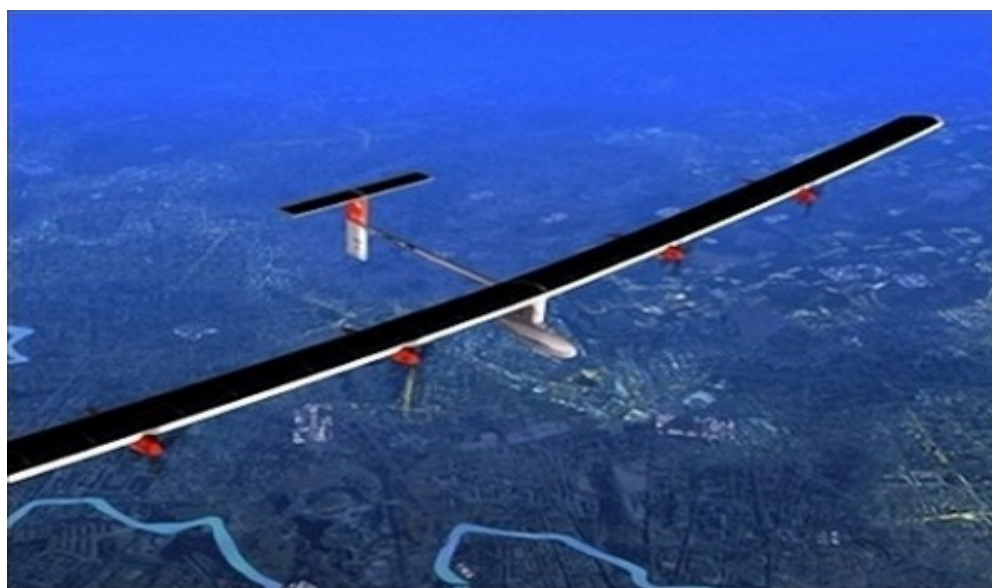
Trong số những ứng dụng của năng lượng Mặt trời thì làm lạnh và điều hoà không khí là ứng dụng hấp dẫn nhất vì nơi nào khí hậu nóng nhất thì nơi đó có nhu cầu về làm lạnh lớn nhất, đặc biệt là ở những vùng xa xôi hẻo lánh thuộc các nước đang phát triển không có lưới điện quốc gia và giá nhiên liệu quá đắt so với thu nhập trung bình của người dân.



Hình 1.4.3. Hệ thống lạnh hấp thụ và máy lạnh dùng năng lượng Mặt trời

1.6.3. Ứng dụng trong lĩnh vực hàng không – vũ trụ.

Hiện nay một số nước phát triển đã và đang nghiên cứu đưa năng lượng Mặt trời vào các thiết bị không gian như máy bay dùng năng lượng Mặt trời, các vệ tinh nhân tạo và tàu vũ trụ...



Hình 1.4.4. Máy bay sử dụng năng lượng Mặt trời đang bay vượt Đại Tây Dương.

CHƯƠNG 2

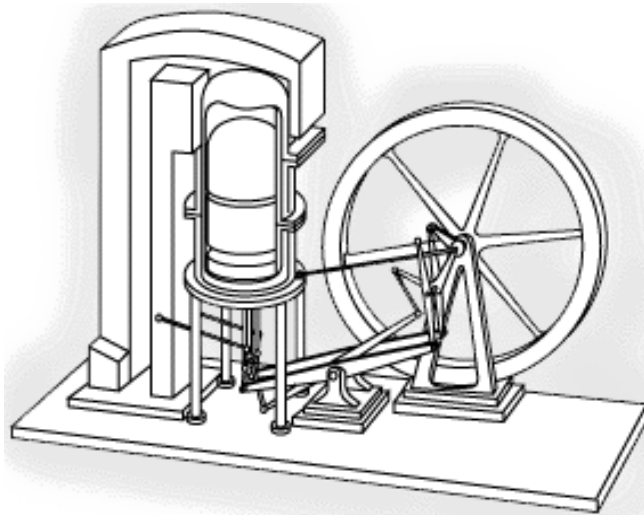
TỔNG QUAN VỀ ĐỘNG CƠ STIRLING

2.1. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN CỦA ĐỘNG CƠ STIRLING [6].



*Hình 2.1. Robert Stirling (1790-1878)
người phát minh ra động cơ Stirling*

Robert Stirling (1790-1878) một mục sư người Scotland, ông là người đầu tiên đã phát minh ra động cơ chạy bằng không khí nóng vào năm 1816. Động cơ của Stirling thiết kế gồm có một xi-lanh thẳng đứng đường kính khoảng 60 cm, công suất khoảng 1,5 kW.



*Hình 2.2. Mô hình động cơ Stirling của Robert Stirling
năm phát minh năm 1816.*

Phát minh này được tạo ra nhằm thay thế cho động cơ hơi nước đang phổ biến lúc bấy giờ, nổi hơi của động cơ hơi nước thường xảy ra hiện tượng nổ do áp suất cao của hơi nước và nhiên liệu không thích hợp.

Tuy nhiên, những ý tưởng phát minh ra một loại động cơ mới thay thế cho động cơ hơi nước đã có từ đầu những năm 1699 khi điều luật đầu tiên về khí thải ra đời. Năm 1807 một nhà phát minh người Anh George Cayley đã phát minh ra động cơ chạy bằng khí nóng. Nhưng cho đến năm 1816 mô hình động cơ Stirling của Robert Stirling được chú ý hơn cả và được xem là đáng giá nhất. Đây cũng là một loại động cơ nhiệt thuộc nhóm động cơ đốt ngoài như động cơ hơi nước nhưng nguyên lý sinh công của hai loại động cơ này lại hoàn toàn khác hẳn nhau. Động cơ Stirling sử dụng một nguồn nóng để nung nóng môi chất công tác bên trong xi lanh làm cho nó giãn nở và sinh công, sau đó lại dùng một nguồn lạnh để giải nhiệt cho môi chất công tác trước khi đẩy nó trở lại về phía đầu nóng.

Động cơ Stirling được phát triển mạnh nhất vào năm 1850 khi một kỹ sư người Thụy Điển tên là J.Ericsson đã nghiên cứu và chế tạo ra những động cơ Stirling thực tế có công suất từ 0,5 đến 5 HP. Chỉ riêng trong năm đó họ đã tiêu thụ được khoảng 2000 chiếc động cơ ở Anh và Mỹ. Những sau đó động cơ Stirling tiếp tục được nghiên cứu và chế tạo nhằm hoàn thiện về kết cấu cũng như nâng cao công suất và hiệu suất. Tuy nhiên, sau khi động cơ xăng xuất hiện năm 1878 và động cơ diesel 1893, động cơ Stirling đã được sản xuất ít dần và gần như bị lãng quên trong một thời gian dài trong suốt nửa đầu thế kỷ 20.

Vào những năm cuối của thập niên 40 của thế kỷ 20, động cơ Stirling lại xuất hiện khá phổ biến dưới dạng tổ hợp máy phát điện xách tay do công ty Philips Electronics của Hà Lan chế tạo. Cũng trong khoảng thời gian này động cơ Stirling còn được nghiên cứu thử nghiệm như một loại máy lạnh.



Hình 2.3. Tổ hợp động cơ Stirling- Máy phát điện của cty Philips

Trong lĩnh vực này động cơ Stirling đã đạt được những thành quả nhất định. Tuy nhiên, một thời gian ngắn sau đó, sự xuất hiện của ắc quy động cơ Stirling lại bị loại bỏ một lần nữa nhường chỗ cho những nguồn ắc quy cung cấp điện tiện dụng hơn nhiều.

Không dừng lại ở đó động cơ Stirling vẫn được nghiên cứu cải tiến bởi tính chất nổi bật của mình. Nếu chu trình nhiệt động học được thực tiễn hóa thì hiệu suất nhiệt của động cơ Stirling sẽ tương đương với hiệu suất nhiệt của chu trình Carnot, tức là hiệu suất nhiệt sẽ cao hơn hiệu suất của bất kỳ động cơ nhiệt nào đã được sáng chế.

Những nghiên cứu phát triển ứng dụng động cơ Stirling trên các phương tiện giao thông cũng đã được các nhà sản xuất ô tô quan tâm từ giữa thế kỷ 20. Mặt khác do động cơ Stirling có thể biến đổi trực tiếp năng lượng mặt trời thành cơ năng nên đã được nghiên cứu ứng dụng trên các con tàu không gian từ năm 1995. Ngày nay, nghiên cứu động cơ Stirling để sử dụng các nguồn năng lượng tái sinh cũng đang được đẩy mạnh. Trong những năm gần đây ở các nước như Mỹ, Nhật và Châu Âu loại động cơ này đang được nghiên cứu trang bị cho tàu vũ trụ, phi thuyền sử dụng năng lượng mặt trời, tàu ngầm và các thiết bị làm lạnh.

2.2. KHÁI NIỆM VÀ PHÂN LOẠI [6].

Động cơ Stirling là một loại động cơ nhiệt thuộc nhóm động cơ đốt ngoài có piston, do Robert Stirling phát minh vào năm 1816. Môi chất công tác của động cơ Stirling (thường là không khí, hydrogen hay helium) chỉ di chuyển trong một

không gian đã được làm kín và có thành phần không thay đổi trong tất cả những giai đoạn khác nhau của chu trình công tác. Khi môi chất công tác được một nguồn nhiệt từ bên ngoài (có thể là đốt cháy nhiên liệu, địa nhiệt, năng lượng mặt trời...) đốt nóng thì nó sẽ giãn nở và đẩy piston đi xuống để sinh công cơ học. Sau đó nó được làm mát và được một piston khác đẩy trở lại không gian nén để thực hiện chu trình làm việc tiếp theo. Còn ở động cơ đốt trong, ở những giai đoạn khác nhau của chu trình công tác, môi chất công tác có thành phần, trạng thái khác nhau và được gọi bằng những tên khác nhau như khí mới, sản phẩm cháy, khí thải, khí sót, hỗn hợp cháy, hỗn hợp khí công tác.

Động cơ Stirling có thể được phân loại theo những tiêu chí khác nhau. Căn cứ vào đặc điểm cấu tạo ta có thể chia động cơ Stirling thành 3 loại chính như :

- Động cơ Stirling kiểu alpha (α)
 - Động cơ Stirling kiểu beta (β)
 - Động cơ Stirling kiểu gamma (γ)
- Các tiêu chí cơ bản để phân loại động cơ Stirling.

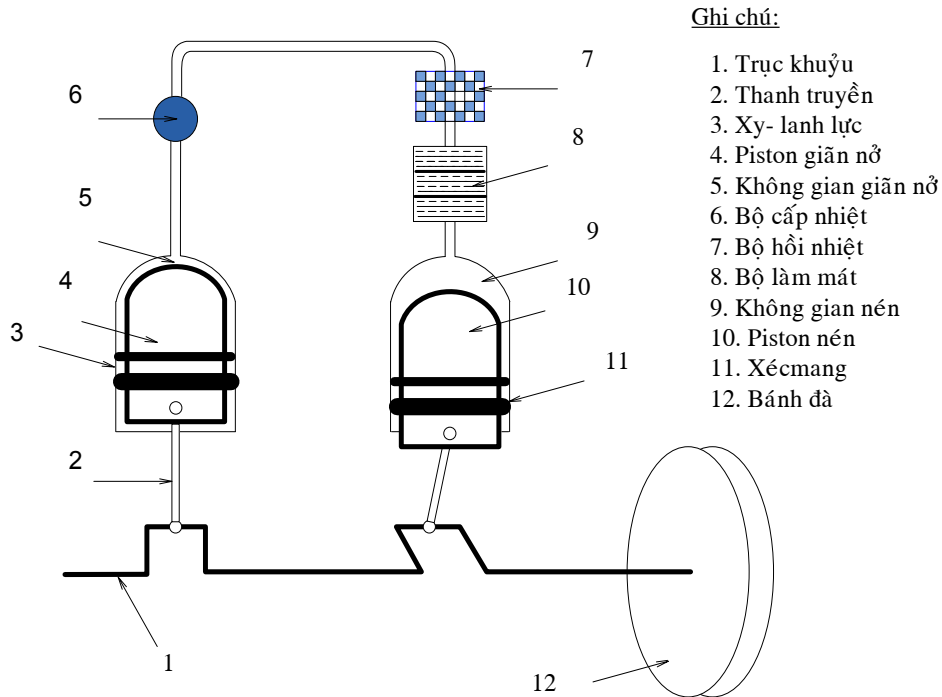
Bảng 2.2

Tiêu chí phân loại	Phân loại
Môi chất công tác	- Động cơ Stirling với môi chất công tác là không khí - Động cơ Stirling với môi chất công tác là hidrogen - Động cơ Stirling với môi chất công tác là helium
Nguồn nhiệt	- Động cơ Stirling sử dụng nhiên liệu là nguồn nhiệt - Động cơ Stirling sử dụng năng lượng Mặt Trời - Động cơ Stirling sử dụng nguồn địa nhiệt
Đặc điểm cấu tạo	- Động cơ Stirling kiểu alpha - Động cơ Stirling kiểu beta - Động cơ Stirling kiểu gamma - Động cơ Stirling một xy lanh - Động cơ Stirling nhiều xy lanh

Bảng 2.2. Phân loại tổng quát động cơ Stirling.

2.3. CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ STIRLING.

2.3.1. Đặc điểm cấu tạo.



Ghi chú:

1. Trục khuỷu
2. Thanh truyền
3. Xy- lanh lực
4. Piston giãn nở
5. Không gian giãn nở
6. Bộ cấp nhiệt
7. Bộ hồi nhiệt
8. Bộ làm mát
9. Không gian nén
10. Piston nén
11. Xéc măng
12. Bánh đà

Hình 2.4. Cấu tạo của động cơ Stirling

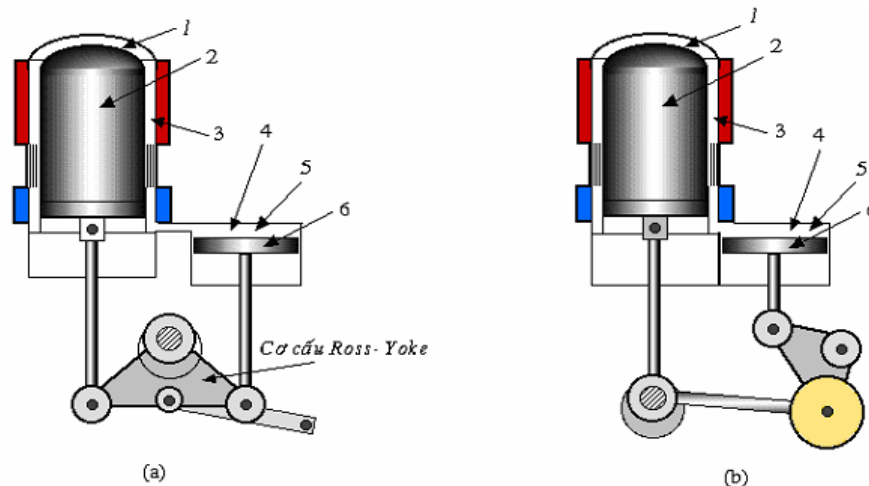
Tuy có hình dáng bên ngoài, kích thước và cách bố trí rất khác nhau, nhưng tất cả động cơ Stirling đều được cấu thành từ các bộ phận cơ bản với chức năng như sau:

- **Bộ cấp nhiệt:** Bộ phận có chức năng cấp nhiệt cho môi chất công tác. Môi chất công tác thường dùng cho động cơ Stirling là không khí, hydrogen hoặc helium. Nguồn nhiệt cho động cơ Stirling có thể là từ xăng dầu, than củi, năng lượng mặt trời, .v.v.
- **Bộ hồi nhiệt:** Bộ phận có chức năng thu nhận nhiệt của môi chất công tác khi nó đi từ không gian giãn nở có nhiệt độ cao sang không gian nén có nhiệt độ thấp hơn và truyền lại phần nhiệt đã thu nhận cho môi chất công tác khi môi chất công tác đi ngược trở lại. Có thể xem bộ hồi nhiệt như một thiết bị tận dụng năng lượng.

Động cơ Stirling vẫn có thể hoạt động khi không có bộ hồi nhiệt nhưng khi đó hiệu suất của động cơ sẽ thấp hơn.

- **Bộ làm mát:** Là nơi môi chất công tác thải nhiệt ra môi trường bên ngoài. Đối với động cơ Stirling, môi chất công tác có thể được làm mát bằng không khí hoặc nước.

- *Piston giãn nở và piston nén*: piston giãn nở là bộ phận tiếp nhận áp lực của môi chất công tác khi giãn nở để sinh công cơ học. Piston nén là bộ phận có chức năng nén và đẩy môi chất công tác từ không gian nén qua các bộ trao đổi nhiệt về không gian giãn nở. Hai piston giãn nở và nén được đặt lệch pha nhau một góc nào đó thường là 90° .
- *Xylanh giãn nở và xylanh nén*: Xylanh giãn nở là bộ phận dẫn hướng piston giãn nở và cùng với piston giãn nở tạo ra không gian giãn nở. Xylanh nén là bộ phận dẫn hướng piston nén và cùng với piston nén tạo ra không gian nén.
- *Không gian giãn nở*: Không gian nằm giữa piston giãn nở và bộ cấp nhiệt. Tại không gian giãn nở, môi chất công tác có nhiệt độ và áp suất cao sẽ giãn nở đồng thời đẩy piston giãn nở từ điểm chết trên đến điểm chết dưới để sinh công.
- *Không gian nén*: Là nơi môi chất công tác được làm mát sau khi được đẩy từ không gian giãn nở qua, sau đó được nén và đẩy trở lại không gian giãn nở.
- *Cơ cấu truyền lực*: Bao gồm các bộ phận có chức năng tiếp nhận lực đẩy của môi chất công tác và truyền lực đó đến các bộ phận tiêu thụ đồng thời phối hợp chuyển động của các piston. Cơ cấu truyền lực của động cơ Stirling có thể cấu tạo kiểu thanh truyền trực khuỷu tương tự như ở động cơ đốt trong thông dụng hoặc có thể có các cấu trúc đặc biệt khác, chẳng hạn như cơ cấu Ross - Yoke (Hình 2.5a) hay cơ cấu Ross - Rocker Hình 2.5b.



GHI CHÚ:

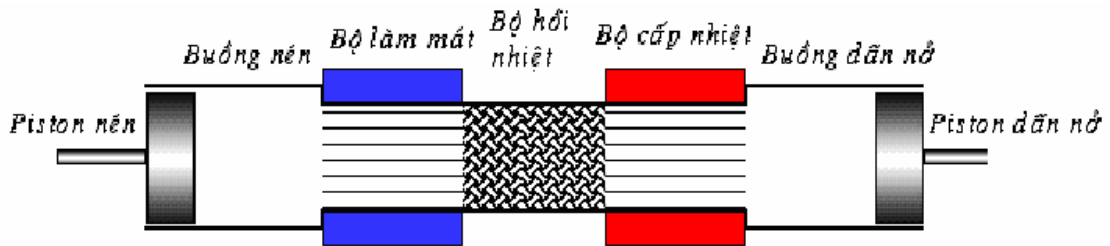
- | | |
|--------------------------|--------------------|
| 1 - Không gian giãn nở | 2 - Piston giãn nở |
| 3, 4 - Môi chất công tác | 5 - Không gian nén |
| 6 - Piston nén | |

Hình 2.5. Động cơ Stirling kiểu alpha với cơ cấu Ross- Yoke (a) và cơ cấu Ross- Rocker (b)

- Sau đây chúng ta sẽ tìm hiểu kỹ hơn cấu tạo của từng loại động cơ Stirling.

2.3.1.1. Động cơ Stirling kiểu hai piston (kiểu alpha)

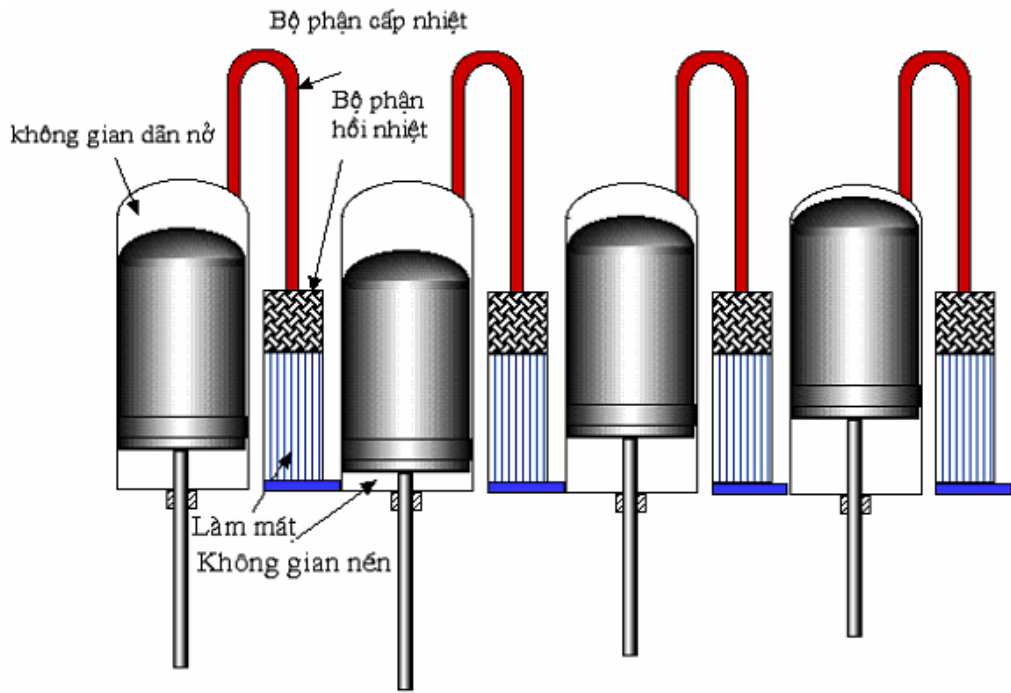
Các động cơ Stirling kiểu alpha có hai piston đặt trong hai xy lanh riêng biệt và được nối kết với nhau bằng một chuỗi các bộ phận trao đổi nhiệt gồm bộ phận cấp nhiệt (heater), bộ phận hồi nhiệt (regenerator), và bộ phận làm mát (cooler). Hai piston này được bố trí lệch nhau một góc 90 độ. Có một không gian có nhiệt độ cao gọi là không gian giãn nở hay buồng giãn nở (expansion space) và một không gian có nhiệt độ thấp gọi là không gian nén hay buồng nén (compression space). Như vậy hai piston làm cho môi chất công tác di chuyển qua lại giữa hai không gian này và cùng sinh công như nhau.



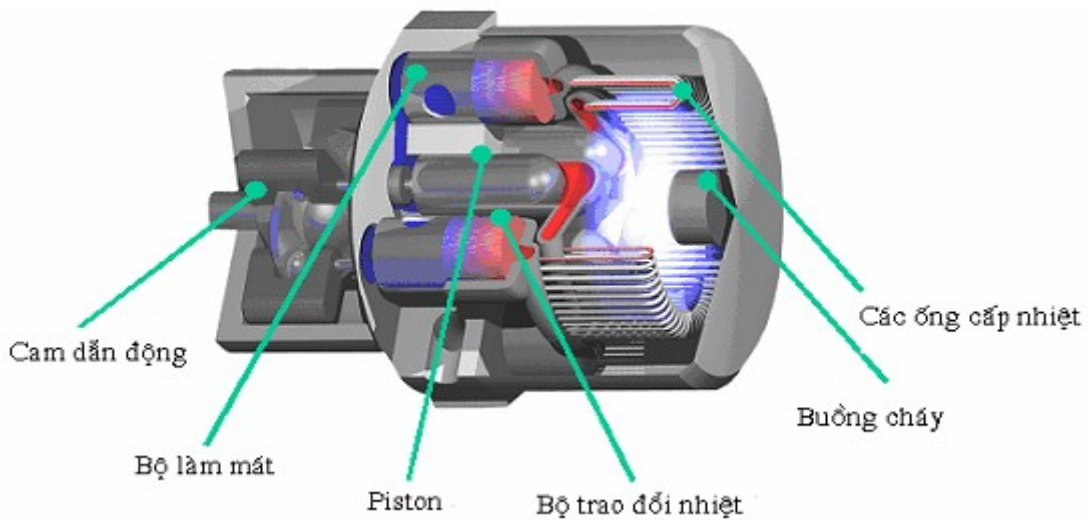
Hình 2.6. Mô hình cấu trúc của động cơ Stirling kiểu alpha

Động cơ Stirling kiểu alpha được xem là cấu hình động cơ Stirling đơn giản nhất, tuy nhiên nó mắc phải nhược điểm là cả hai piston đều phải được làm kín để chất khí không bị rò rỉ ra bên ngoài.

Tương tự như ở động cơ đốt trong, động cơ Stirling cũng có thể được liên kết lại thành động cơ Stirling nhiều xy lanh để cho công suất lớn hơn. Trong trường hợp này, không gian giãn nở của một xy lanh được nối với không gian nén của một xy lanh kế tiếp theo của một chuỗi kết nối: xy lanh bộ cấp nhiệt, bộ hồi nhiệt và bộ làm mát giống như ở (Hình 2.7).



Hình 2.7. Sơ đồ kết cấu động cơ Stirling kiểu alpha nhiều xy lanh



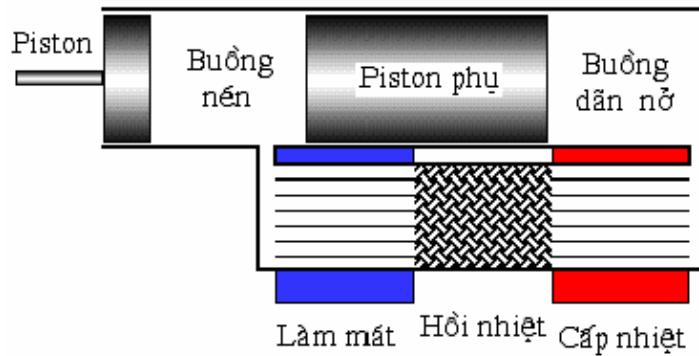
Hình 2.8. Động cơ Stirling STM 4 - 120 của hãng STM Power

Trên (Hình 2.8) là hình vẽ phối cảnh kết cấu của động cơ Stirling kiểu alpha với ký hiệu STM 4 -120 của hãng STM Power. Động cơ này có bốn xy lanh các piston được dẫn động bằng cơ cấu cam.

2.3.1.2. Động cơ Stirling kiểu piston phụ

Với động cơ Stirling kiểu piston phụ, môi chất công tác chuyển động qua lại giữa vùng có nhiệt độ cao và vùng có nhiệt độ thấp chỉ bởi một piston (piston phụ). Piston lực đảm nhiệm việc chuyển áp lực của môi chất công tác thành công cơ học truyền ra bên ngoài. Động cơ Stirling kiểu beta và gamma đều thuộc động cơ Stirling kiểu piston phụ.

➤ Động cơ Stirling kiểu beta



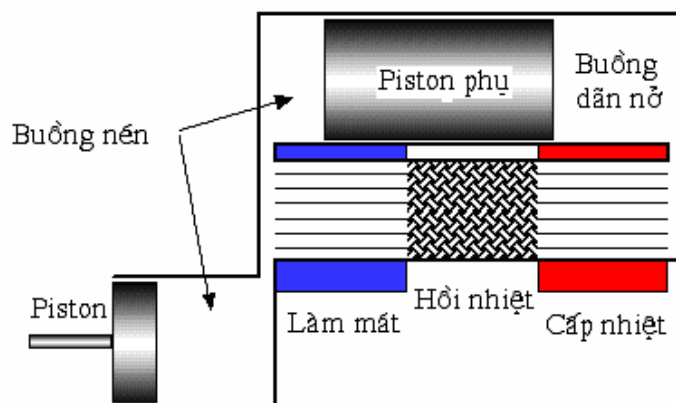
Hình 2.9. Sơ đồ cấu tạo động cơ Stirling kiểu beta

Không giống với động cơ kiểu alpha, động cơ Stirling kiểu beta có một piston lực và một piston phụ mà nhiệm vụ của nó là đẩy môi chất công tác từ không gian nén sang không gian giãn nở và ngược lại.

Do sự trùng lặp hành trình của hai piston nên tỉ số nén của động cơ được tăng lên và có thể đạt được công suất cao hơn động cơ Stirling kiểu gamma. Tuy nhiên, trục của piston lực và trục của piston phụ cùng một đường tâm do đó cơ cấu truyền động trở nên phức tạp.

➤ Động cơ Stirling kiểu gamma.

Cũng giống như ở động cơ Stirling kiểu beta, các động cơ Stirling kiểu gamma có một piston phụ và một piston lực. Tuy nhiên, chúng được đặt trong các xylanh khác nhau. Điều này cho phép một sự cách biệt hoàn toàn giữa các bộ phận trao đổi nhiệt, xylanh của piston phụ, không gian nén với piston lực. Như thế, chúng có phần thể tích chết (thể tích mà piston không quét tới) lớn hơn so với cả hai loại beta và alpha. Vì vậy, việc điều chỉnh tỉ số nén và diện tích trao đổi nhiệt tương đối dễ dàng.

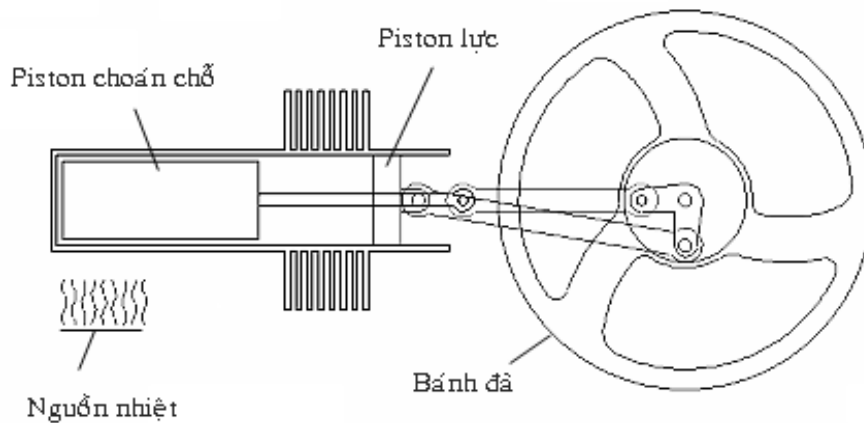


Hình 2.10. Sơ đồ cấu tạo động cơ Stirling kiểu gamma.

2.3.2. Nguyên lý hoạt động của động cơ stirling.

Tương tự như ở động cơ xăng và động cơ diesel thông dụng, động cơ stirling hoạt động theo kiểu chu kỳ, tức là có các chu trình công tác nối tiếp nhau. Mỗi chu trình công tác là một giai đoạn làm việc tương ứng với một lần sinh công, nó bao gồm các quá trình: quá trình nén, quá trình cấp nhiệt, quá trình giãn nở sinh công và quá trình làm mát.

Trong quá trình hoạt động, khối khí trong buồng sẽ được đẩy qua đẩy lại từ phần nóng sang phần lạnh hoặc ngược lại, nhờ vào sự di chuyển của các piston hoặc các con chạy có chức năng hoán đổi thể tích chứa khí giữa hai phần. Khối khí khi dao động qua lại giữa phần nóng và phần lạnh sẽ thực hiện công lên một piston chịu lực.

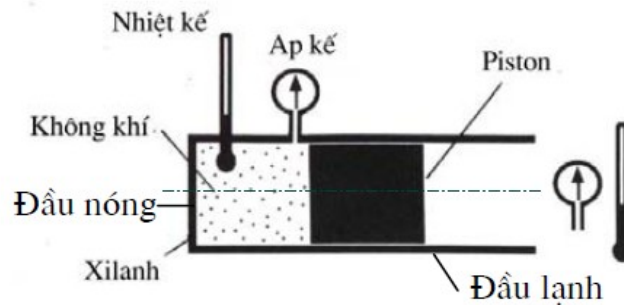


Hình 2.11. Động cơ Stirling 1 Cylinder (loại β)

Piston chịu lực sẽ vận hành bánh đà và máy móc bên ngoài, đồng thời có thể điều khiển sự di chuyển của các piston hoặc con chạy để di chuyển khối khí qua lại giữa hai phần nóng và lạnh. Trong hầu hết các thiết kế, không cần thiết có van để đóng mở dòng lưu thông của khí, do đó hệ thống cơ học khá đơn giản và có độ tin cậy cao. Một bộ phận quan trọng trong động cơ Stirling là phần giữ nhiệt, nằm trên đường di chuyển của khối khí từ phần nóng sang phần lạnh, thường làm bằng khối dây kim loại. Nó có tác dụng hấp thụ nhiệt của khối khí từ phần nóng đi qua, lưu giữ nhiệt năng nọ và hâm nóng khối khí đi từ phần lạnh tới. Phần này có tác dụng làm tăng đáng kể hiệu suất của động cơ, và là một chi tiết quan trọng trong sáng chế của Robert Stirling năm 1816. Trong một số thiết kế, con chạy vừa đóng vai trò đẩy khí qua lại giữa phần nóng và phần lạnh, vừa có vai trò giữ nhiệt.

2.3.2.1. Nguyên lý hoạt động chung của động cơ Stirling

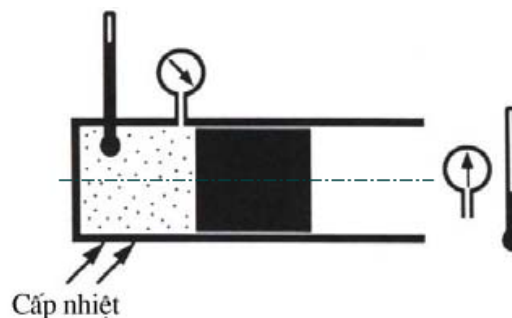
Xét một xylanh được làm kín một đầu và đầu còn lại được bịt kín bằng một piston (Hình 2.12a) và một ít không khí chứa bên trong. Piston chuyển động qua lại tự do nhưng hầu như không khí bên trong không thoát được ra bên ngoài. Giả sử, lúc ban đầu toàn bộ thiết bị có nhiệt độ bằng nhiệt độ đầu lạnh và bằng nhiệt độ môi trường. Lúc này không khí bên trong có áp suất bằng áp suất khí quyển. Với điều kiện đó piston sẽ đứng yên ở vị trí ban đầu.



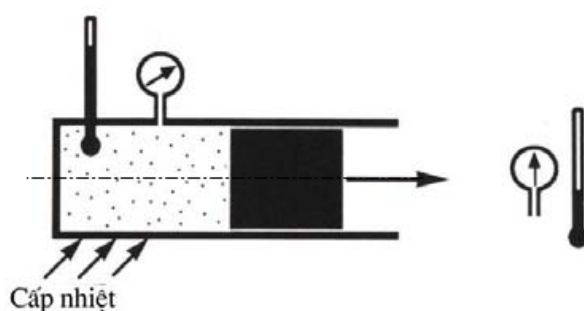
Hình 2.12a. Khi chưa cấp nhiệt

Nếu ta đốt nóng một đầu xylanh (đầu nóng), nguồn nhiệt được sử dụng có thể là chùm tia bức xạ mặt trời hội tụ tại đầu xylanh hoặc một cách đơn giản là dùng một ngọn nến hay bất kỳ nguồn nhiệt nào. Khi đó áp suất và nhiệt độ của không khí bên trong sẽ tăng lên, giãn nở đẩy piston chuyển động và sinh công hữu ích (Hình 2.12b). Bất kỳ nguồn nhiệt nào cũng có khả năng sinh công, nhưng nhiệt độ càng cao thì sinh ra công càng lớn. Động cơ không thể chuyển nhiệt thành công một lần rồi ngừng như trên mà phải có khả năng sinh công liên tục.

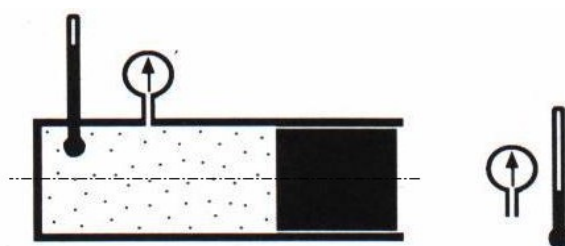
Công được sinh ra bởi không khí nóng trong xylanh chừng nào còn có quá trình giãn nở của không khí bên trong. Nếu piston di chuyển ra ngoài quá xa nó sẽ vọt ra khỏi xylanh và quá trình sinh công kết thúc. Do vậy quá trình giãn nở cần phải kết thúc trước khi điều đó xảy ra. Nếu xylanh được chế tạo thật dài thì quá trình giãn nở có thể lâu hơn nhưng cũng chỉ có giới hạn, hơn nữa piston cũng chỉ ra ngoài đến khi áp suất bên trong giảm xuống bằng áp suất khí quyển.



Hình 2.12b. Quá trình cấp nhiệt ở đầu xylanh

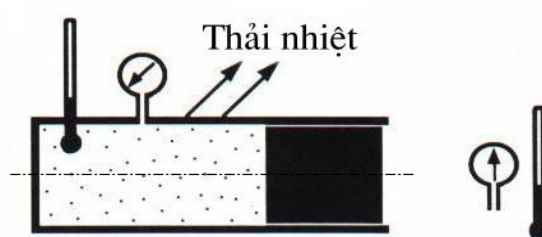


Hình 2.12c. Không khí áp suất cao đẩy piston

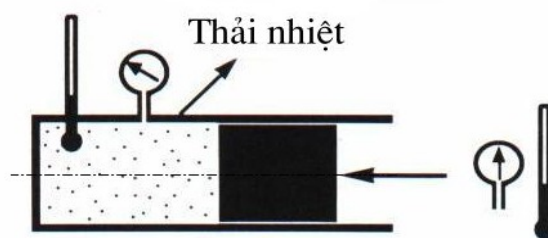


Hình 2.12d. Dẫn nở cho đến khi áp suất không khí bên trong bằng áp suất khí quyển

Nếu khi piston chuyển động đến đầu bên kia của xylanh ta ngừng quá trình cấp nhiệt và tăng quá trình thải nhiệt (làm mát) thì nhiệt độ và áp suất của không khí trong xylanh giảm xuống. Đến khi áp suất của không khí bên trong thấp hơn áp suất khí quyển thì piston sẽ chuyển động ngược lại và trở về vị trí ban đầu (Hình 2.12e,f)



Hình 2.12e. Ngừng cấp nhiệt và thải nhiệt, áp suất không khí bên trong giảm xuống

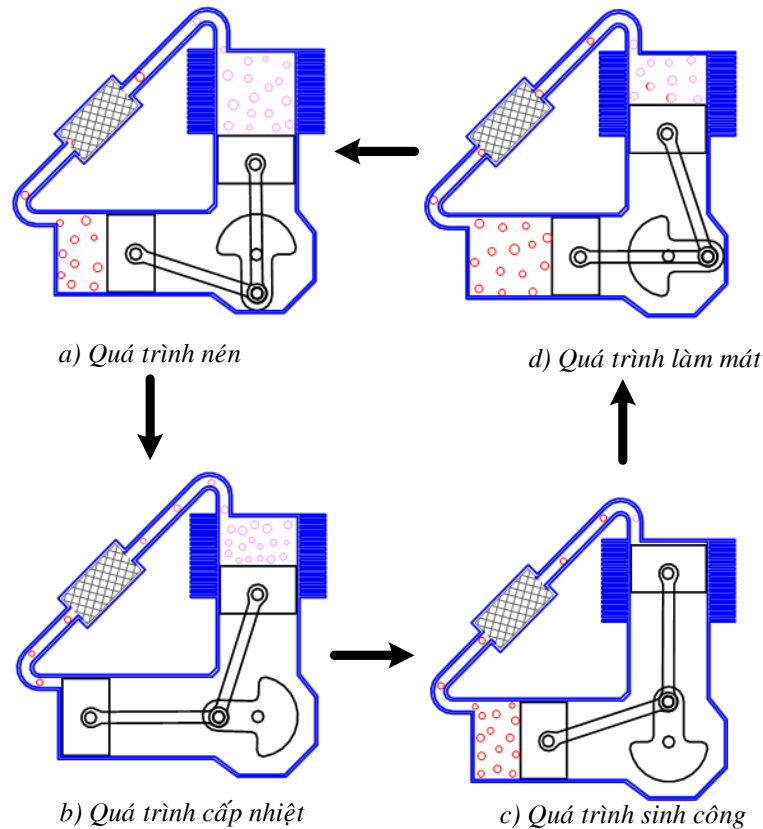


Hình 2.12f. Piston chuyển động ngược lại do áp suất không khí bên ngoài cao hơn

Vấn đề đặt ra đối với động cơ Stirling trong thực tế là làm thế nào để chúng hoạt động một cách tự động, tức là xy lanh nhận, thải nhiệt đúng lúc và liên hệ chặt chẽ với nhau. Nhất là đối với động cơ Stirling sử dụng năng lượng Mặt Trời khi mà nguồn năng lượng cung cấp cho động cơ liên tục. Do vậy để động cơ Stirling hoạt động được trong thực tế thì ngoài xy lanh và piston như trên thì động cơ cần phải có thêm các bộ phận phụ như piston choán chỗ, bánh đà v.v... và các bộ phận này phải kết hợp với nhau sao cho quá trình nhận và thải nhiệt của môi chất đúng chu kỳ.

2.3.2.2. Nguyên lý hoạt động động cơ Stirling kiểu alpha (α).

- *Quá trình nén:* trong quá trình nén, cả piston giãn nở và piston nén đều đi lên, môi chất công tác được nén lại trong không gian ở giữa hai đỉnh của hai piston. Trong quá trình nén, môi chất công tác trong không gian nén được làm mát để duy trì nhiệt độ không đổi T_{\min} . Quá trình nén kết thúc khi piston giãn nở đến điểm chết trên.
- *Quá trình cấp nhiệt* - trong mỗi chu trình công tác, môi chất công tác lưu thông một lần từ không gian giãn nở sang không gian nén và một lần ngược trở lại. Trên đường lưu thông từ không gian nén sang không gian giãn nở, môi chất công tác được sấy nóng đến nhiệt độ T_R trong bộ hồi nhiệt rồi sau đó được đốt nóng đến nhiệt độ T_{\max} và áp suất p_{\max} trong bộ cấp nhiệt rồi đi vào không gian giãn nở. Quá trình cấp nhiệt kết thúc khi piston nén tới điểm chết trên. Trong quá trình cấp nhiệt, piston giãn nở đi xuống còn piston nén đi lên thể tích của môi chất công tác là không đổi (cấp nhiệt đẳng tích).



Hình 2.13. chu trình hoạt động của động cơ Stirling kiểu alpha(α)

- *Quá trình sinh công:* với nhiệt độ T_{\max} và áp suất p_{\max} , môi chất công tác trong không gian giãn nở sẽ đẩy piston giãn nở chuyển động về phía điểm chết dưới và sinh công cơ học. Quá trình giãn nở kết thúc khi piston giãn nở tới điểm chết dưới.
- *Quá trình làm mát:* sau khi giãn nở để sinh công, môi chất công tác được piston giãn nở đẩy từ không gian giãn nở sang không gian nén. Trên đường đi qua các bộ trao đổi nhiệt, một phần nhiệt của môi chất công tác được thu hồi khi đi qua bộ hồi nhiệt. Trong quá trình nhả nhiệt, piston giãn nở đi lên và piston nén đi xuống nên thể tích của môi chất công tác là không đổi.

2.3.2.3. Nguyên lý hoạt động của động cơ stirling kiểu beta (β)

Động cơ Stirling kiểu beta còn được gọi là động cơ Stirling kiểu piston phụ. Cả piston lực và piston phụ cùng được đặt trong một xy lanh Piston phụ chỉ có nhiệm vụ đẩy môi chất công tác từ không gian nén sang không gian giãn nở. Các bộ phận khác có chức năng tương tự như ở động cơ Stirling kiểu alpha. Nguyên lý làm việc của động cơ Stirling kiểu beta như sau:

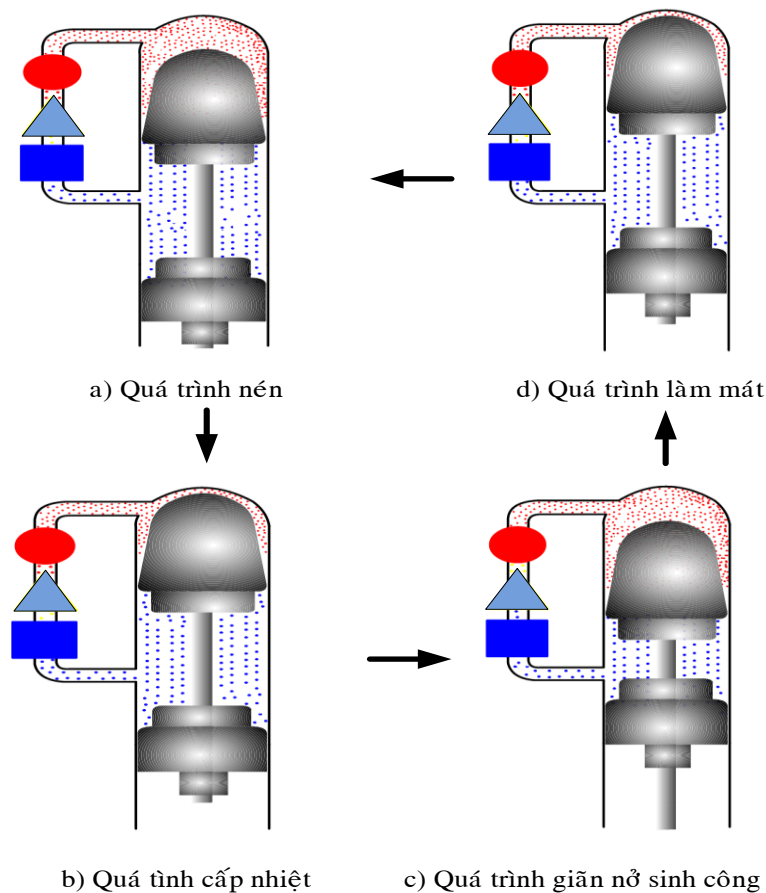
- *Quá trình nén:* Quá trình bắt đầu từ khi piston phụ đi từ điểm chết trên về phía điểm chết dưới, lúc này piston lực đi từ điểm giữa hành trình lên điểm chết

trên. Môi chất công tác được nén lại và tiếp tục được làm mát để duy trì nhiệt độ không đổi. Quá trình nén kết thúc khi piston lực đi lên đến điểm chết trên.

➤ *Quá trình cấp nhiệt:* Môi chất công tác từ không gian nén được piston phụ đẩy sang không gian giãn nở. Khi đi qua bộ hồi nhiệt, môi chất công tác được sấy nóng đến nhiệt độ T_R , rồi sau đó được đốt nóng đến nhiệt độ T_{max} và áp suất p_{max} trong bộ cấp nhiệt rồi đi vào không gian giãn nở. Quá trình cấp nhiệt kết thúc khi piston phụ xuống tới điểm chết dưới. Do cả hai piston cùng đi xuống nên thể tích của môi chất công tác trong quá trình cấp nhiệt là không đổi.

➤ *Quá trình giãn nở và sinh công:* Với nhiệt độ và áp suất cao trong không gian giãn nở, môi chất công tác giãn nở đẩy piston lực đi xuống và sinh công cơ học. Quá trình giãn nở kết thúc khi piston lực xuống tới điểm chết dưới.

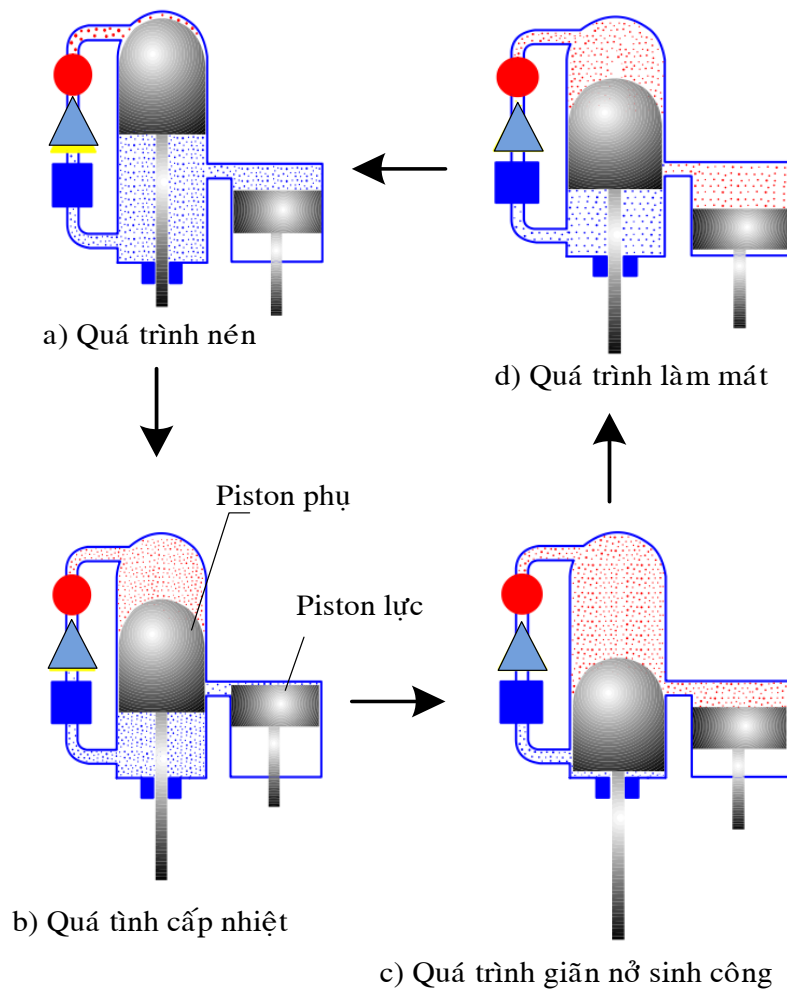
➤ *Quá trình làm mát:* piston phụ đi lên và đẩy môi chất công tác từ không gian giãn nở sang không gian nén. Trên đường đi qua các bộ trao đổi nhiệt, một phần nhiệt của môi chất công tác được truyền cho bộ hồi nhiệt, một phần được truyền cho môi chất làm mát trong bộ làm mát. Do ở trong giai đoạn này cả hai piston cùng đi lên nên thể tích của môi chất công tác không thay đổi. Quá trình làm mát kết thúc khi piston phụ lên đến điểm chết trên.



Hình 2.14. chu trình hoạt động của động cơ Stirling kiểu beta.

2.3.2.4. Nguyên lý hoạt động của động cơ Stirling kiểu gamma (γ)

Động cơ Stirling kiểu gamma thuộc nhóm động cơ Stirling kiểu piston phụ và có cấu tạo tương tự như động cơ Stirling kiểu beta, nhưng piston lực và piston phụ được đặt trong hai xy lanh riêng biệt. Tương tự như động cơ Stirling kiểu beta, piston phụ chỉ có nhiệm vụ đẩy môi chất công tác từ không gian nén sang không gian giãn nở. Piston lực có nhiệm vụ tiếp nhận lực giãn nở của môi chất công tác và truyền ra dưới dạng công cơ học. Các quá trình làm việc của động cơ Stirling kiểu gamma được thể hiện trên (Hình 2.15).



Hình 2.15. Chu trình hoạt động của động cơ kiểu gamma (γ)

- *Quá trình nén:* piston phụ đi xuống từ điểm chết trên và piston lực đi lên, môi chất công tác được nén lại và tiếp tục được làm mát để duy trì nhiệt độ không đổi T_{\min} . Quá trình nén kết thúc khi piston lực lên đến điểm chết trên.
- *Quá trình cấp nhiệt:* piston phụ tiếp tục đi xuống và đẩy toàn bộ môi chất công tác trong không gian nén sang không gian giãn nở đi qua các bộ trao đổi nhiệt. Tại bộ hồi nhiệt, môi chất công tác được sấy nóng và tăng nhiệt độ lên

đến TR và tiếp tục được nung nóng lên đến nhiệt độ T_{\max} khi đi ngang qua bộ cấp nhiệt. Ở giai đoạn này cả hai piston cùng đi xuống do đó thể tích môi chất công tác không thay đổi. Giai đoạn cấp nhiệt đẳng tích kết thúc khi piston phụ đi xuống đến điểm chết dưới.

➤ *Quá trình giãn nở và sinh công:* môi chất công tác sau khi được cấp nhiệt có nhiệt độ và áp suất cao, giãn nở đẩy piston lực đi xuống. Quá trình giãn nở và sinh công kết thúc khi piston lực xuống đến điểm chết dưới.

➤ *Quá trình làm mát:* piston phụ đi lên và đẩy môi chất công tác từ không gian giãn nở sang không gian nén. Khi đi qua bộ hồi nhiệt thì một phần nhiệt của nó đã bị giữ lại, sau đó nó tiếp tục được làm mát khi đi qua bộ làm mát. Quá trình làm mát kết thúc khi piston phụ lên đến điểm chết trên.

2.4. ỨNG DỤNG CỦA ĐỘNG CƠ STIRLING.

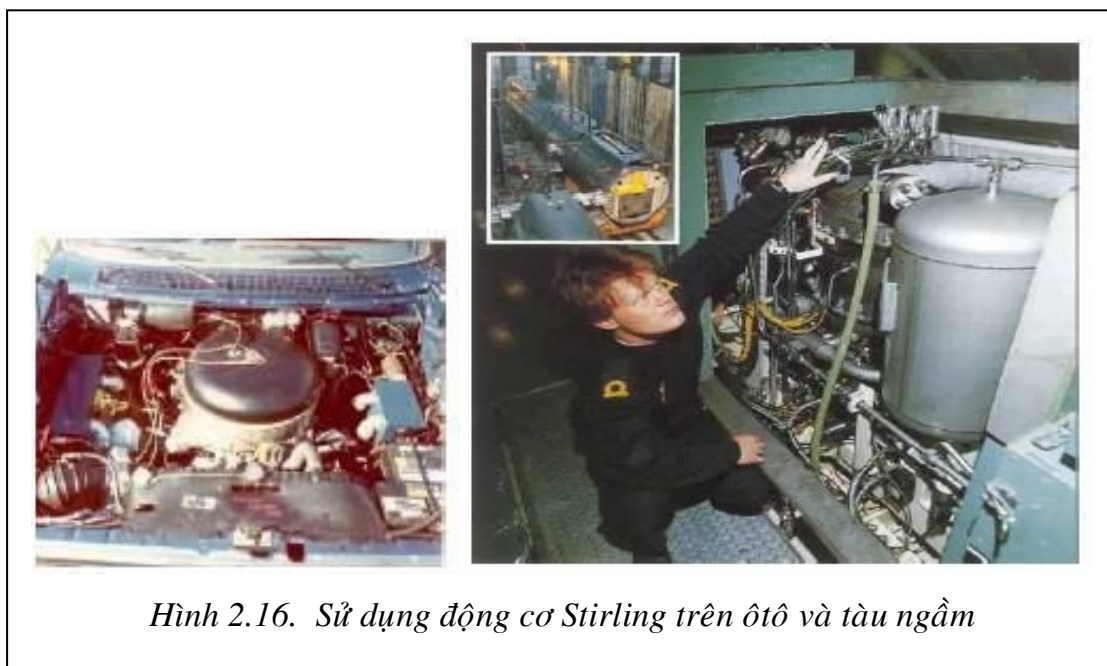
Động cơ Stirling đã có một thời kỳ phát triển mạnh mẽ ở châu Âu vào cuối thế kỷ XIX, nhưng sau đó nó bị động cơ xăng (phát minh vào năm 1878) và động cơ diesel (1887) thay thế dần. So với động cơ Stirling, hai loại động cơ xăng và diesel - có ưu điểm nổi bật là: công suất riêng (công suất ứng với một đơn vị khối lượng hoặc một đơn vị thể tích của động cơ) lớn, cho phép nhanh chóng tăng hoặc giảm tải. Đây là những ưu điểm có ý nghĩa đặc biệt đối với nguồn động lực trang bị cho các phương tiện cơ giới di động. Tuy nhiên, sau gần một thế kỷ chiếm vị trí gần như độc tôn trong lĩnh vực giao thông vận tải và trong nhiều hoạt động khác của con người, vai trò của động cơ xăng và động cơ diesel đã và đang được xem xét lại do mức độ gây ô nhiễm môi trường của chúng và nguồn nhiên liệu truyền thống đang cạn kiệt dần. Nhiều nguồn động lực mới và một số nguồn động lực bị lãng quên lại thu hút được sự quan tâm của các nhà khoa học, quân sự và kinh doanh. Động cơ Stirling là một trong số đó.

Động cơ Stirling đã và sẽ có thể được sử dụng trong những lĩnh vực sau đây:

2.4.1. Sản xuất điện năng

Do khả năng hoạt động được với nhiều nguồn nhiệt khác nhau như xăng, dầu, than, củi, năng lượng mặt trời, địa nhiệt, v.v., tổ hợp máy phát điện Stirling (động cơ Stirling-máy phát điện) rất thích hợp tại các vùng sâu, hải đảo, các trạm khí tượng, các trạm khuếch đại tín hiệu thông tin, trên các con tàu không gian – nơi chưa hoặc không thể có lưới điện. Động cơ Stirling đó được sử dụng làm máy phát điện cỡ nhỏ, có thể hoạt động trong một thời gian dài mà không cần đến sự chăm sóc của con người ở các vùng xa. Công suất phát điện từ vài W đến vài kW, nhưng phổ biến nhất là từ 200W đến 500W.

2.4.2. Động cơ ô tô, tàu thủy



Hình 2.16. Sử dụng động cơ Stirling trên ô tô và tàu ngầm

Phillips là một trong những hãng có lịch sử dài nghiên cứu động cơ Stirling trang bị cho ô tô. Cho đến nay, xét về mặt kinh tế, động cơ Stirling chưa thể trở thành một thách thức đối với ĐCĐT trong lĩnh vực ô tô. Tuy nhiên, nhiều chuyên gia đó tiên đoán điều này sẽ thay đổi do áp lực của vấn đề ô nhiễm môi trường do khí thải của ĐCĐT và nguy cơ cạn kiệt nguồn nhiên liệu gốc dầu mỏ. Sử dụng động cơ Stirling trang bị cho tàu thủy, đặc biệt là tàu ngầm cũng là một hướng nghiên cứu được các nhà quân sự quan tâm do có độ ồn và rung động rất nhỏ so với động cơ diesel.

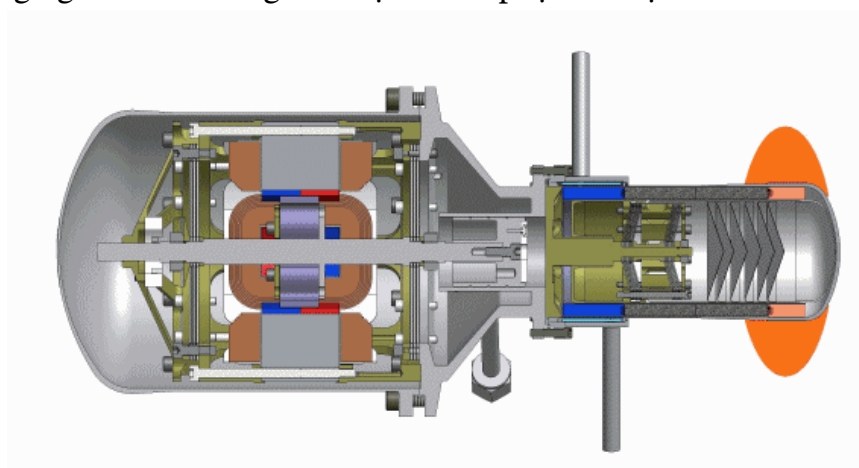
2.4.3. Thiết bị làm lạnh

Mọi quan tâm của công ty Phillips vào máy làm lạnh chu trình Stirling bắt đầu như là một sản phẩm phụ của họ trong những ngày đầu sản xuất máy động lực. Máy làm lạnh của công ty Phillips được phát triển dưới sự hướng dẫn của tiến sỹ J.W.L.Kohler, và sau đó chiếm vị trí dẫn đầu trong hệ thống máy làm lạnh cỡ nhỏ đến cỡ trung bình. Các máy làm lạnh đó dẫn đến sự phát triển của các thiết bị kỹ thuật sinh hàn kết hợp. Quả thực người ta đã tính rằng lợi nhuận từ bộ phận sản xuất thiết bị sinh hàn thực tế đó trả cho công ty Phillips tất cả các chi phí cho việc nghiên cứu máy động lực. Rất nhiều loại máy làm lạnh của công ty Phillips được đưa ra thị trường từ động cơ cơ mẫu thu nhỏ có công suất nhỏ hơn 1W đến các hệ thống thiết bị làm lạnh có công suất tới hàng ngàn kW. Hiện tại thị trường đang bị giới hạn vì các máy này đang phải cạnh tranh với các

loại máy mới khác rất đa dạng. Với sự phát triển của vật liệu siêu dẫn có khả năng chịu được nhiệt độ cao hơn, sự áp dụng kỹ thuật tia hồng ngoại, đã xuất hiện cơ hội cho các máy làm lạnh cỡ nhỏ, máy sẽ trở nên nhỏ hơn và giá thành thấp hơn. Bên cạnh công ty Phillips Bắc Mỹ còn có các công ty khác nhanh chóng đưa ra thị trường các loại động cơ làm lạnh cỡ nhỏ ví dụ như công ty Malaker, Laboratories, công ty hàng không The Hughes ở California, nhiều công ty khác cũng quan tâm tới việc nghiên cứu lĩnh vực này.

2.4.4. Động cơ Stirling chạy bằng năng lượng Mặt trời

Hiện nay thị trường dành cho động cơ chạy bằng năng lượng Mặt trời là rất lớn. Loại động cơ này được sử dụng ở những quốc gia vùng nhiệt đới chưa phát triển để dẫn động các bơm nước tưới tiêu và để dẫn động các máy phát điện công suất nhỏ. Động cơ Stirling loại này đã được chế tạo và thử nghiệm bởi hãng Ericsson từ năm 1959. Khó khăn chính trong việc đưa loại động cơ này ra thị trường là giá thành. Động cơ Stirling sử dụng năng lượng mặt trời đã và đang là đối tượng nghiên cứu trong lĩnh vực chinh phục vũ trụ.



Hình 2.17. Động cơ Stirling của NASA (USA)

2.4.5. Động cơ Stirling trong lĩnh vực giải trí

Động cơ Stirling với chức năng là nguồn năng lượng cơ học trong lĩnh vực giải trí cũng được nhiều nhà nghiên cứu và kinh doanh quan tâm. Hàng loạt động cơ Stirling có công suất từ vài phần của 1W đến vài W chạy bằng sức nóng của lòng bàn tay, năng lượng của một ngọn đèn dầu, một bình ga, .v.v.. đã được chế tạo và giới thiệu rộng rãi trên các trang Web hiện nay.



Hình 2.18. một số động cơ Stirling trong lĩnh vực giải trí

CHƯƠNG 3

THIẾT KẾ NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN MẶT TRỜI DẠNG STIRLING DISH CÓ TỔNG CÔNG SUẤT 1MW

3.1. KHÁI QUÁT CHUNG.

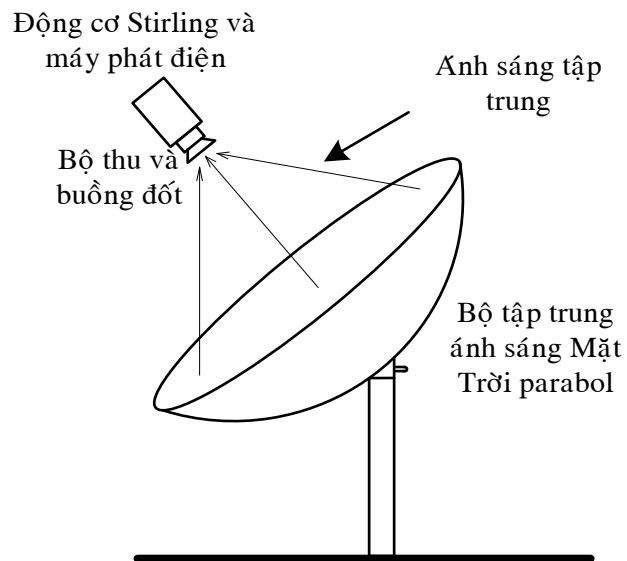
Hiện nay với nền công nghiệp phát triển mạnh mẽ trên toàn thế giới nhưng mặt trái của sự phát triển này là thải ra rất nhiều khí nhà kính. Hiệu ứng nhà kính làm xảy ra hiện tượng nóng lên toàn cầu, làm biến đổi khí hậu Trái đất ảnh hưởng lớn môi trường sinh thái của chúng ta. Hiện tượng băng tan hiện nay đang là mối nguy đối với con người trên Trái đất, nhiều vùng đất sẽ chìm trong nước biển. Một số loài động, thực vật có nguy cơ diệt chủng do hệ sinh thái rừng thay đổi. Ảnh hưởng đến sức khỏe con người và nền kinh tế toàn cầu.

Đứng trước các hệ lụy nói trên cùng với nguy cơ thiếu hụt nguồn nguyên, nhiên liệu phục vụ cho nền công nghiệp ngày càng cao. Đòi hỏi con người cần có những giải pháp mới trong việc phát triển nguồn năng lượng và bảo vệ môi trường. Việc nghiên cứu và đưa vào sử dụng các nguồn năng lượng mới đang là vấn đề cấp bách của toàn nhân loại, trong đó năng lượng Mặt trời là một trong những tiềm năng đnag được chú ý nhiều hiện nay.

Năng lượng Mặt trời được coi là nguồn năng lượng khổng lồ và vô tận. Nhưng đưa được nguồn năng lượng này vào sử dụng cho cuộc sống của chúng ta thì còn gặp nhiều vấn đề khó khăn, đặc biệt là đối với các nước có nền kinh tế kém phát triển. Sử dụng năng lượng Mặt trời không chỉ đơn thuần là dùng trực tiếp ánh sáng Mặt trời mà đòi hỏi cần có những hệ thống thu khổng lồ và có chi phí tương đối cao. Những hệ thống thu năng lượng Mặt trời có thể được thiết kế khác nhau như hệ thống thu nhiệt dạng tháp, dạng chảo parabol tròn xoay và dạng máng parabol, v.v. Nhưng công việc chính của các hệ thống này chủ yếu là thu ánh sáng Mặt trời, biến chúng thành nhiệt và đưa nguồn nhiệt này vào sử dụng với nhiều mục đích khác nhau.

3.2. THIẾT KẾ BỘ THU MẶT TRỜI DẠNG STIRLING DISH.

3.2.1. Cấu trúc bộ thu năng lượng Mặt trời dạng Stirling dish [5].



Hình 3.1 - Cấu trúc của bộ thu năng lượng Mặt trời dạng Stirling Dish.

Các thành phần chính của hệ thống thu năng lượng Mặt trời dạng Stirling dish.

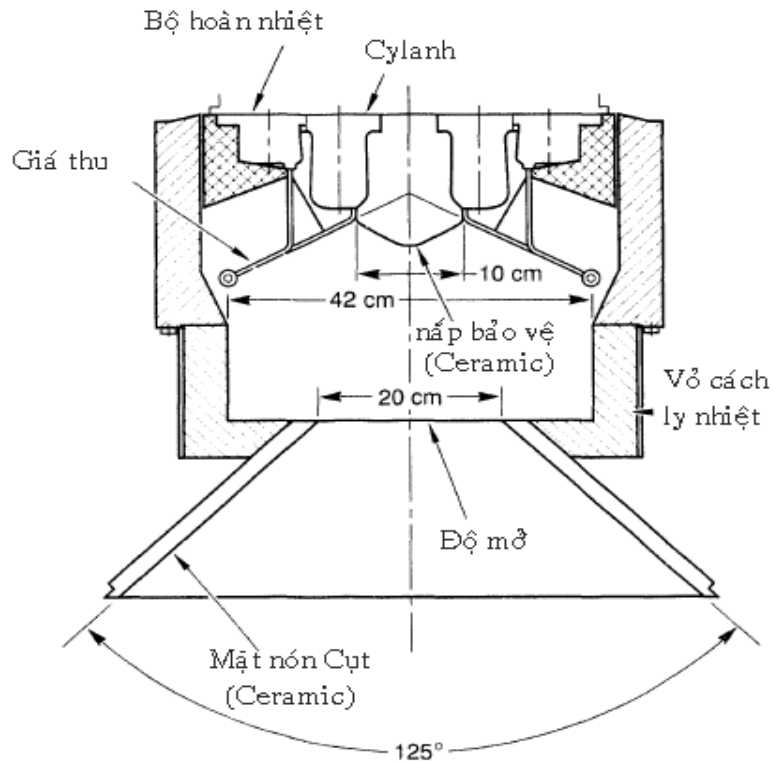
- Chảo hội tụ parabolic.



Hình 3.2. Hệ thống chảo parabol

- Đường kính 10,57 m
- Diện tích mặt cẳng 86,7 m²
- Diện tích mặt phản xạ 91,4 m²
- Hệ số tập chung k = 2800
- Tổng số bộ gương: 40

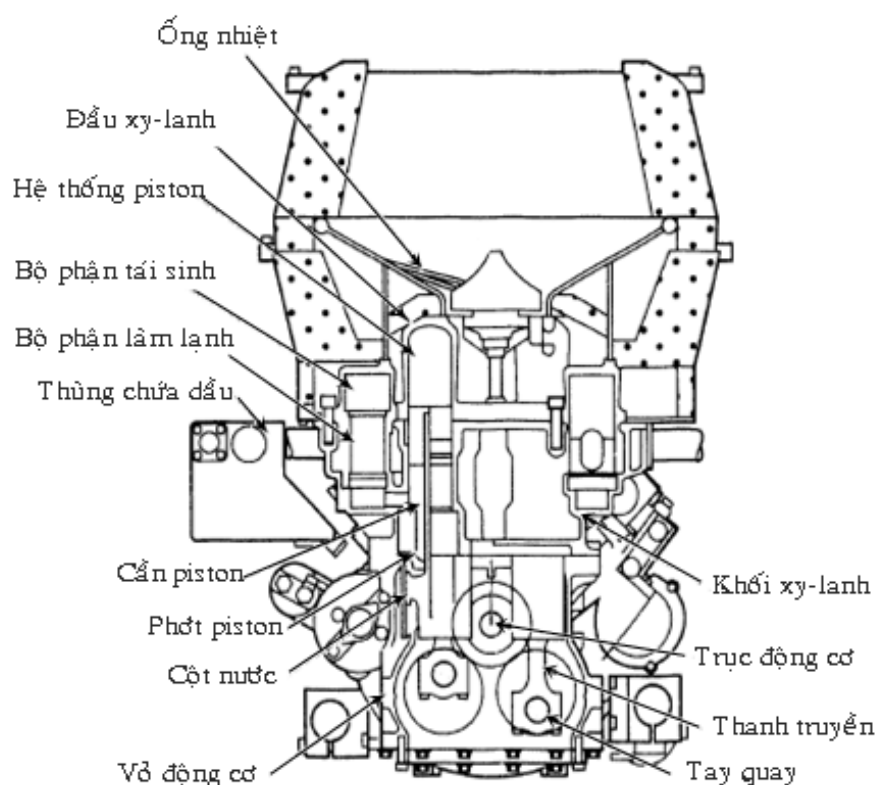
➤ Bộ thu năng lượng Mặt trời.



Hình 3.3. Cấu tạo bộ thu năng lượng Mặt Trời.

- Loại: gia nhiệt trực tiếp ánh sáng Mặt trời.
- Đường kính miệng thu: 200mm
- Đường kính bộ thu: 450mm
- Cường độ nhiệt đầu vào (max): 74kW
- Tuổi thọ: 16000 giờ, 720°C (nhiệt độ khí gas)
- Nhiệt độ làm việc bình thường: 720°C
- Năng suất nhiệt: 90%

➤ Động cơ stirling.

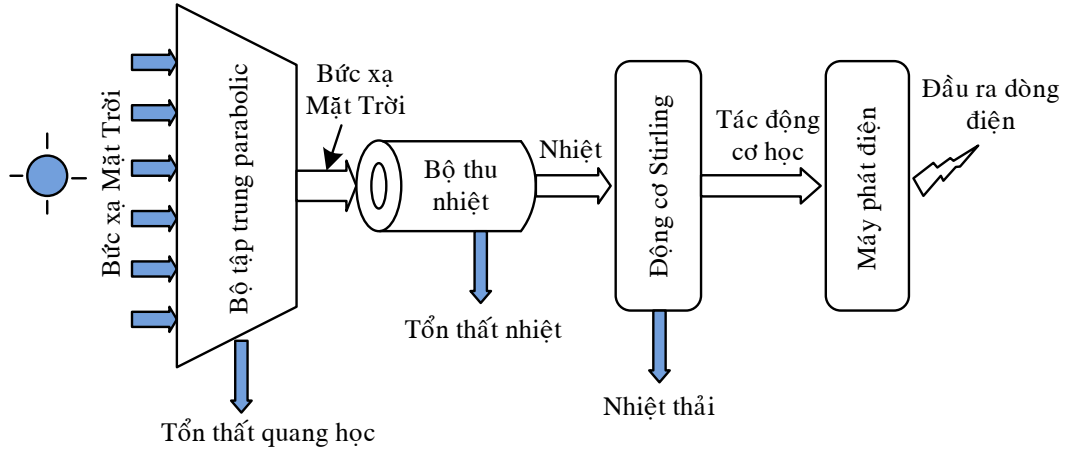


Hình 3.4. Cấu tạo tổ hợp động cơ Stirling 25kW và máy phát điện.

- Công suất: 25 kW, 1800 vòng quay/ phút
 - Số Cylanh: 4
 - Cấu hình: 4 piston, tác động kép
 - Dung tích choán chỗ: $4 \times 95\text{cm}^3$
 - Dung tích quét: 540cm^3
 - Đường kính cylanh: 55mm
 - Khoảng chạy piston: 40mm
 - Bộ gia nhiệt: 4×18 ống (dài 260mm, đường kính 3mm)
 - Bộ hoàn nhiệt: 4×2 (dài 44mm, đường kính 57mm)
 - Bộ làm lạnh: $4 \times 2 \times 200$ ống (dài 90mm)
 - Hệ thống làm lạnh bằng nước Glycol
 - Cơ cấu truyền động: trục khuỷu kép
 - Vận hành bằng khí Gas: Hydrogen
 - Điều kiện áp suất Gas (max): 20Mpa
 - Nhiệt độ Gas (cao): 720°C
 - Nhiệt độ chất làm mát (max): 50°C
- Máy phát điện.
- Loại: động cơ điện cảm ứng
 - Nhà sản xuất: Reliance Electric

- Thông số định mức: 22,5kW (1800 vòng/phút, điện áp xoay chiều 480V, tần số 60 Hz, hệ số công suất 0,9)
- Năng suất điện: 41%

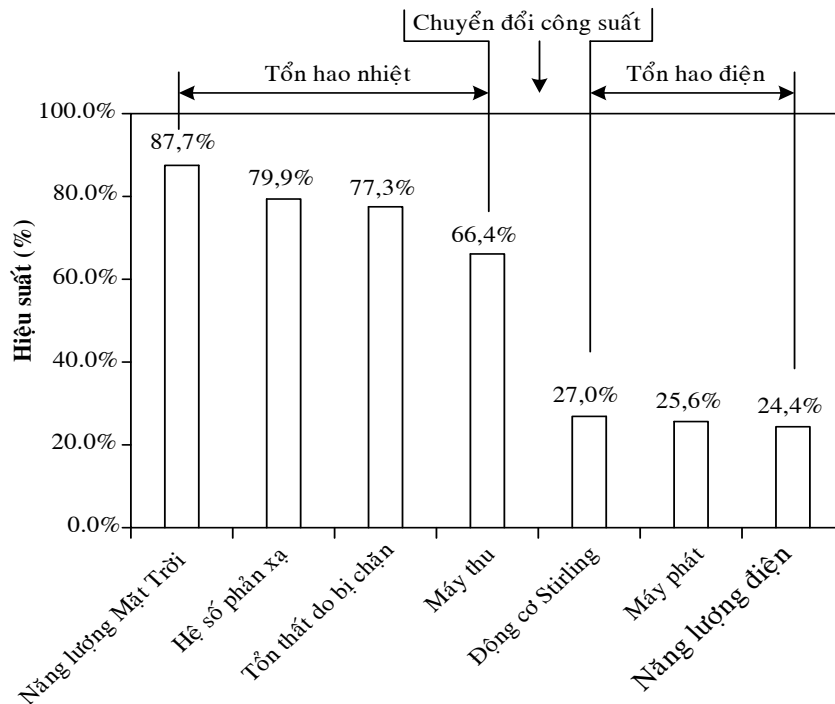
3.2.2. Sự chuyển đổi từ năng lượng Mặt trời thành điện năng.



Hình 3.5. Chuỗi năng lượng của hệ thống điện Mặt trời dạng Stirling dish.

Từ năng lượng Mặt trời – năng lượng điện, quá trình chuyển đổi năng lượng này phải đi qua nhiều bộ phận khác nhau của hệ thống. Nguồn năng lượng bức xạ phát ra từ Mặt trời khi đi qua một con đường rất rài để đến được hệ thống gương phản xạ chúng chỉ còn 87,7%, do tổn thất qua nhiều bộ phận khác nhau nên khi chuyển thành năng lượng điện chỉ còn 24,4%.

Tổn thất năng lượng của bộ thu được biểu diễn qua biểu đồ sau:



Hình 3.6. biểu đồ chuyển đổi và tổn hao của năng lượng.

3.3. NGUYÊN LÝ ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG.

3.3.1. Điều khiển tự động theo thời gian.

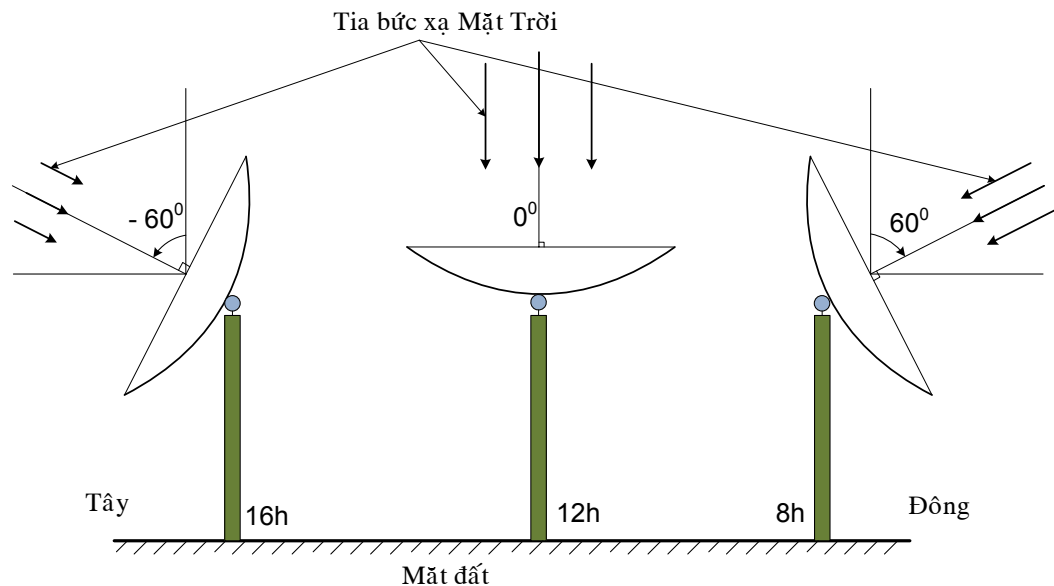
Điều khiển tự động theo thời gian nghĩa là hệ thống sẽ được hoạt động một cách tự động theo thời gian từ khi lúc Mặt trời mọc cho đến khi lúc Mặt trời lặn (giả thiết hệ thống hoạt động được điều khiển tự động từ lúc 8giờ sáng đến 16giờ chiều). Phương pháp này đòi hỏi cần phải có một hệ thống điều khiển tương đối phức tạp theo cả hai hướng đông – tây và nam – bắc.

➤ Điều khiển theo hướng Đông – Tây.

Theo quy ước khi Mặt trời ở đỉnh đầu (lúc 12giờ trưa) ta có góc Mặt trời $\omega = 0$, Vì trái đất quay quanh trục của nó một vòng hết 24giờ nên mỗi giờ nó quay được một góc $(360^{\circ} : 24\text{giờ}) = 15^{\circ}$. Mỗi phút kinh tuyến tương ứng với 4 phút thời gian. Nếu coi Trái đất đứng yên thì mỗi giờ Mặt trời chuyển động trên bầu trời được một góc 15° . Vì vậy, góc giờ của Mặt trời tại thời điểm bất kỳ được tính theo công thức sau:

$$\omega = (12 - T_{SV}^*)15 \text{ (n\u00f3a)}$$

Hệ thống gương phản xạ theo giả thiết là được hoạt động vào lúc 8giờ sáng đến 16giờ chiều nghĩa là hệ thống sẽ được điều khiển tương ứng với góc Mặt trời là 60° và -60° (hình 3.3).



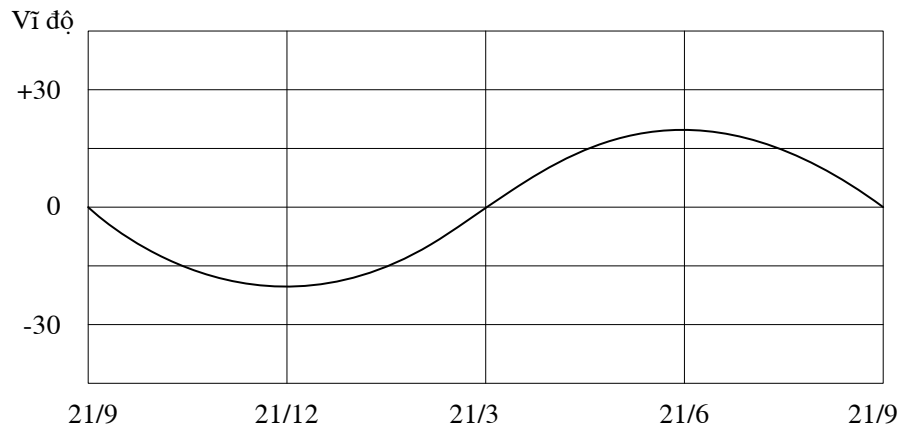
Hình

3.7. Sự hoạt động của hệ thống gương phản xạ

Theo (hình 3.3) ta thấy hệ thống hoạt động từ 8h sáng đến 16h chiều mất 8 giờ khi đó hệ thống sẽ phải quay một góc là 120° . Trong phần điều khiển tự động này ta sẽ cho hệ thống tự động quay 4 phút một lần tương ứng với một góc là 1° theo hướng từ lúc Mặt trời mọc cho đến khi Mặt trời lặn (đông – tây).

➤ Điều khiển theo hướng Bắc – Nam.

Theo lý thuyết hệ thống sẽ được điều khiển theo biểu đồ biến đổi góc lệch δ dưới đây:



Hình 3.8. Sự thay đổi góc δ theo các ngày trong năm

Như ta đã biết một chu kỳ quay của Trái đất quanh Mặt trời mất 365 ngày (tương ứng 8760 giờ). Trong đó có hai ngày (21/6 và 21/12) Mặt trời lệch một góc là $\pm 23,45^\circ$ về phía bắc và phía nam so với đường Xích Đạo, hai ngày (21/3 và 21/9) Mặt trời sẽ đi qua Xích Đạo. Lấy mốc từ ngày 21/9 tại ngày này hệ thống bắt đầu được điều khiển quay dần về hướng nam cho đến ngày 21/12 một góc là $-23,45^\circ$ mất 89 ngày (tương ứng 2136 giờ). Trong thời gian 2136 giờ ta sẽ điều khiển $2136 : 23,45 = 91,087$ (giờ) hệ thống sẽ tự động quay một lần. Tương tự từ ngày 21/12 hệ thống được điều khiển quay dần về phía bắc đến ngày 21/6 một góc quay là $46,9^\circ$ cũng với tốc độ 91,087 (giờ) hệ thống sẽ tự động quay một lần. Tại ngày 21/6 hệ thống sẽ được điều khiển lặp lại xuống phía nam đến ngày 21/12.

3.3.2. Điều khiển bằng tay.

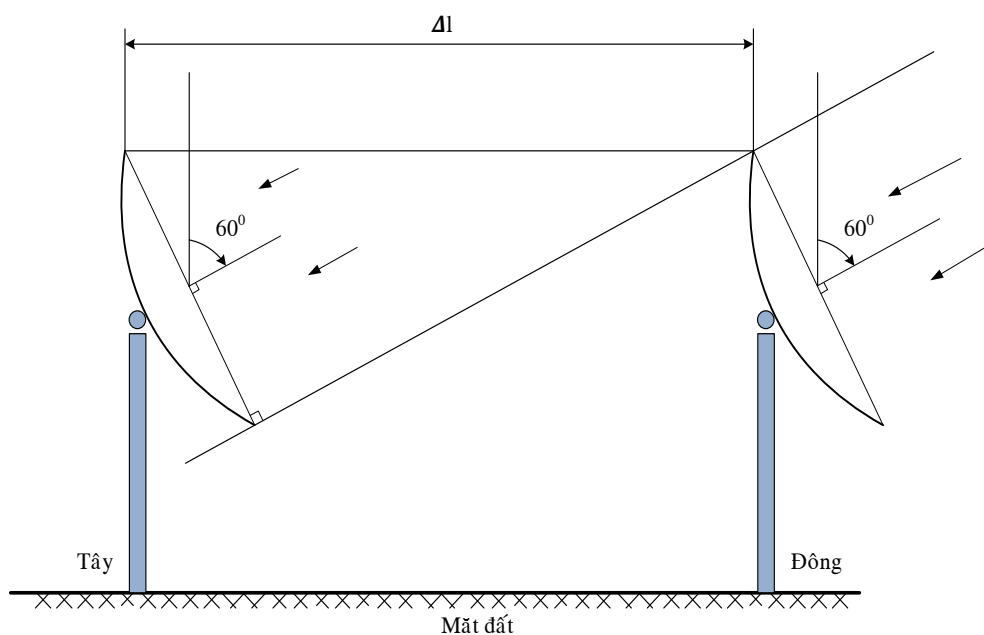
Đây là phương pháp điều khiển đơn giản, đòi hỏi người vận hành phải luôn quan sát hệ thống và điều khiển sao cho bộ thu luôn luôn thu được ánh sáng mặt trời trong suốt quá trình hoạt động.

3.4. PHÂN BỐ HỆ THỐNG GƯƠNG

3.4.1. Khoảng cách giữa các hệ thống gương.

Việc tính toán khoảng cách và bố trí các gương độc lập nhằm mục đích: Khi hệ thống hoạt động các gương không bị ảnh hưởng lẫn nhau, nghĩa là tất cả các gương đều thu được tia bức xạ Mặt trời khi hệ thống hoạt động và không có gương nào bị che khuất bởi gương trước nó.

- Khoảng cách giữa các gương theo hướng Đông – Tây.



Hình 3.9. khoảng cách giữa các gương theo hướng Đông – Tây.

Từ (hình 3.4) ta xác định được khoảng cách lớn nhất giữa các gương như sau:

$$\Delta l = \frac{D}{\cos 60^\circ} \text{ (m)}$$

Trong đó:

Δl – khoảng cách giữa hai gương theo hướng Đông – Tây.

D – đường kính của gương.

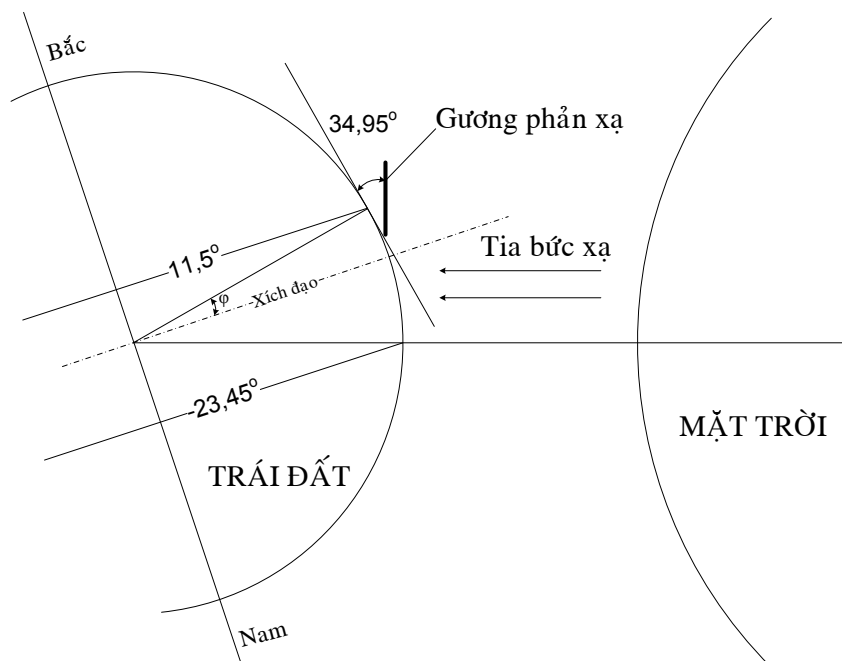
Vậy:

$$\Delta l = \frac{10,57}{0,5} = 21,14 \text{ (m)}$$

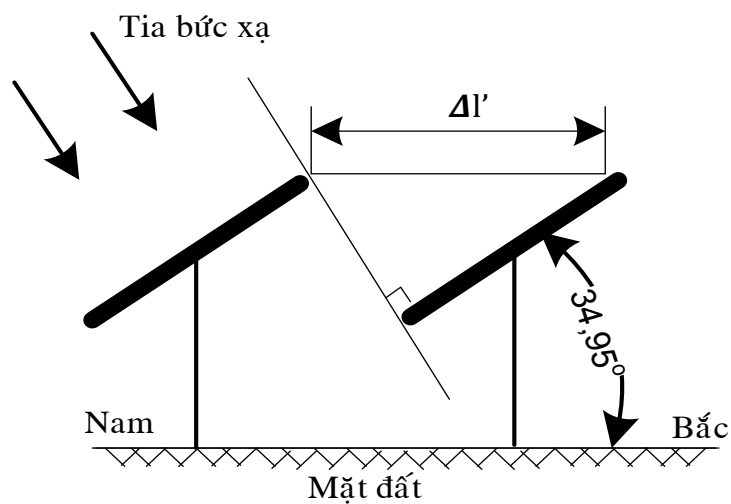
Khoảng cách giữa các hệ thống gương theo hướng Đông – Tây lấy tròn số là: 22,5 (m)

➤ Khoảng cách gương theo hướng Bắc – Nam.

Giả sử hệ thống được lắp đặt tại Bình Dương (Việt Nam) – vĩ độ khoảng 11,5 . Hệ thống gương sẽ lệch một góc lớn nhất là 34,95° so với mặt đất khi Mặt Trời ở vĩ đ độ -23,45°.



Hình 3.10. Xác định góc cho hệ thống gương phản xạ.



Hình 3.11. Khoảng cách giữa các gương theo hướng bắc – nam.

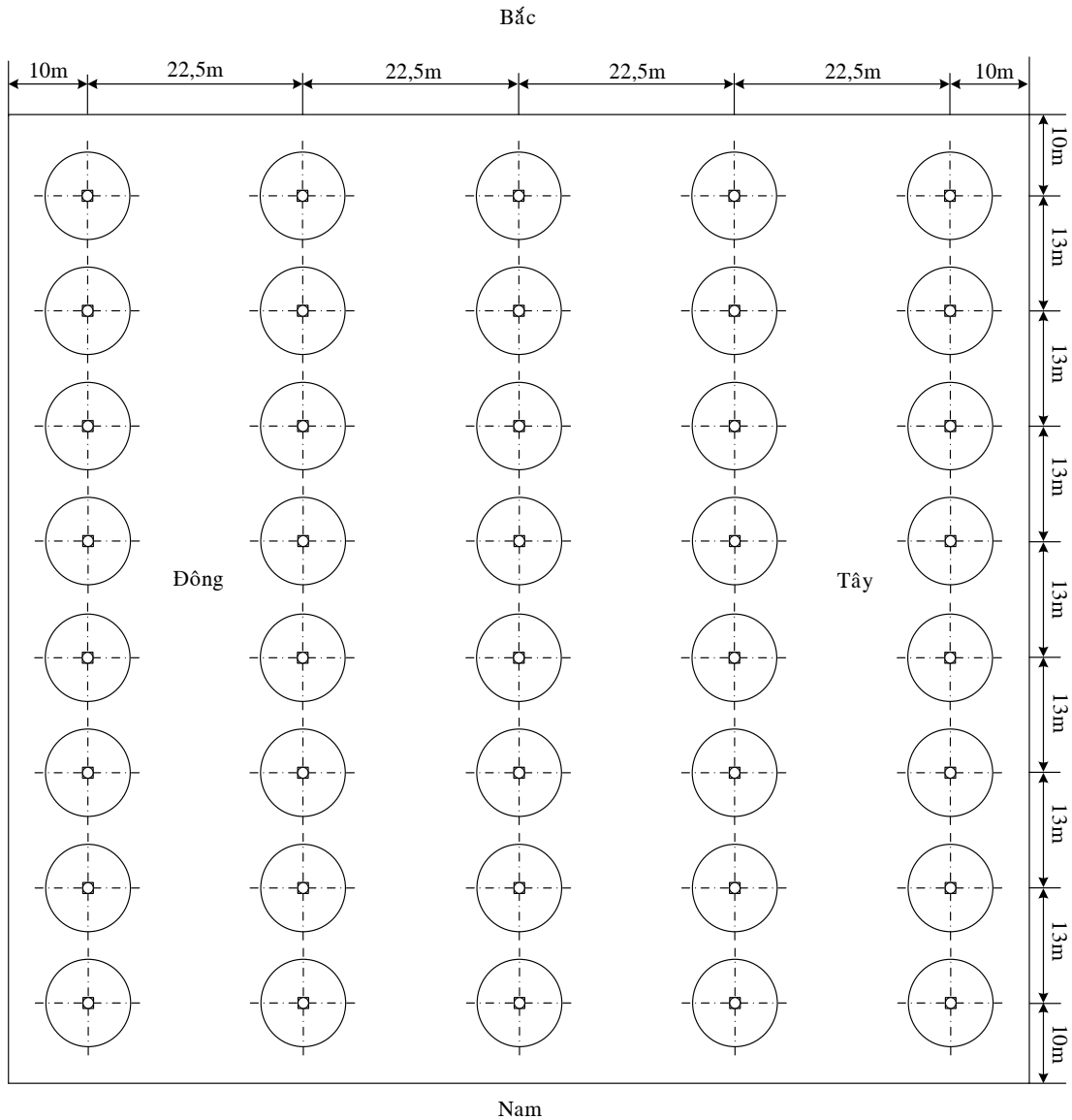
Ta có:

$$\Delta l' = \frac{D}{\cos 34,95^\circ} = \frac{10,57}{0,57} = 12,89 \text{ (m)}$$

Vậy: Khoảng cách giữa các hệ thống gương theo chiều Bắc – Nam lấy giá trị tròn số là: 13 (m)

3.4.2. Sơ đồ bố trí hệ thống gương

Qua số liệu tính toán được về khoảng cách giữa các hệ thống gương như trên ta có sơ đồ bố trí gương như sau.



Hình 3.12. Sơ đồ phân bố hệ thống gương

3.5. TÍNH TOÁN KINH TẾ.

Nhà máy nhiệt điện Stirling dish với hệ thống gương và thiết bị được lắp đặt như hình trên, bao gồm 40 hệ thống chảo parabol tròn xoay thu năng lượng Mặt trời (diện tích $110 \times 111 = 12.210 \text{ (m}^2\text{)}$).

➤ Ước tính chi phí đầu tư cho các thiết bị trong hệ thống gồm: gương hội tụ và các giá đỡ, trụ đỡ, các bộ phận hấp thụ nhiệt, động cơ Stirling và máy phát điện, hệ thống làm mát, hệ thống cân bằng và các kết nối điện trong hệ thống.

$$T_{\text{đầu tư}} = T_{\text{gương}} + T_{\text{trụ}} + T_{\text{bộ HT}} + T_{\text{ĐC Stirling}} + T_{\text{máy phát}} + T_{\text{HT làm mát}} + T_{\text{HT cân bằng}} + T_{\text{kết nối điện}}$$

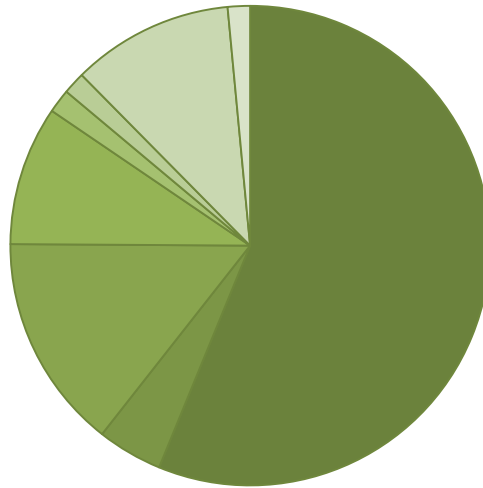
Trong đó:

- Gương hội tụ ($T_{\text{gương}}$): $40 \times 299.265 = 11.970.600 \text{ USD}$

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP: THIẾT KẾ NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN MẶT TRỜI.

- Trụ ($T_{\text{trụ}}$): $40 \times 23.430 = 937.200$ USD
- Bộ phận hấp thụ nhiệt ($T_{\text{bộ HT}}$): $40 \times 771375 = 30.885.000$ USD
- Động cơ Stirling ($T_{\text{ĐC Stirling}}$): $40 \times 50.000 = 2000.000$ USD
- Máy phát ($T_{\text{máy phát}}$): $40 \times 8.520 = 340.800$ USD
- Hệ thống làm mát ($T_{\text{HT làm mát}}$): $40 \times 7.987,5 = 319.500$ USD
- Hệ thống cân bằng ($T_{\text{HT cân bằng}}$): $40 \times 58.042,5 = 2.321.700$ USD
- Kết nối điện ($T_{\text{kết nối điện}}$): 319.500 USD

Vậy: $T_{\text{đầu tư}} = 11.970.600 + 937.200 + 30.885.000 + 2000.000 + 340.800 + 319.500 + 2.321.700 + 319.500 = 21.300.000$ (USD)



Hình 3.14. Tỷ lệ các thành phần trong hệ thống

KẾT LUẬN

Năng lượng Mặt trời là nguồn năng lượng sạch, có khả năng tái tạo, vô tận, không gây ô nhiễm môi trường. Đang được nhiều nước trên thế giới khuyến khích sử dụng để phát điện. Hiện nay hai công nghệ phát điện từ năng lượng Mặt trời là Stirling Dish và Turbine hơi đang phát triển rất nhanh và ngày càng hoàn thiện làm giá thành nhiệt điện mặt trời rẻ hơn nhiều so với công nghệ pin Mặt trời.

Nhà máy nhiệt điện Mặt trời dạng Stirling Dish được xây dựng từ nhiều modul khác nhau, mỗi một modul bao gồm một hệ thống gương phản xạ, động cơ Stirling và máy phát điện tạo nên. Hệ thống gương phản xạ sử dụng bộ tập trung dạng parabol tròn xoay hội tụ ánh sáng Mặt trời tại tiêu điểm F của gương nên có hiệu suất tương đối cao, nhiệt độ có thể đạt từ 600 – 700°C. Động cơ Stirling được đặt tại tiêu điểm F này nhằm sử dụng nguồn nhiệt thu được tại đây để chạy động cơ và làm quay tuabin máy phát điện. Một nhà máy nhiệt điện Mặt trời dạng Stirling có thể lắp đặt với số lượng nhiều modul tùy vào công suất từng nhà máy.

Việt Nam với lợi thế là một trong những nước nằm trong giải phân bố ánh nắng Mặt trời tương đối nhiều trong năm trên bản đồ bức xạ Mặt trời của thế giới nên có tiềm năng rất lớn đối với nguồn năng lượng này. Theo số liệu thu được tại: Đắc Lắc, Lâm Đồng, Khánh Hòa, Ninh Thuận, Bình Thuận, Bà Rịa – Vũng Tàu với CDBX trung bình tương đối cao khoảng (2.084 kWh/m²/năm). Trong đó với số giờ nắng trong năm là 2.961 ở Phan Thiết (Bình Thuận), tại đây có thể xây dựng các nhà máy thuộc về năng lượng Mặt trời để phát điện. Đặc biệt có thể xây dựng nhà máy nhiệt điện Mặt trời dạng Stirling Dish tại một số vùng có nhiều lượng bức xạ này.

Với những một số những đặc điểm thuận lợi như trên em đã thiết kế một hệ thống nhà máy nhiệt điện Mặt trời dạng Stirling Dish có tổng công suất 1MW. Bao gồm 40 modul, mỗi modul có công suất 25KW với tổng diện tích là: $110 \times 111 = 12.210 \text{ (m}^2\text{)}$. Đây là mô hình nhà máy có công suất nhỏ đưa ra thiết kế nhằm phân tích qua đó rút ra kinh nghiệm để có thể thiết kế một nhà máy hoàn thiện và có quy mô lớn hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Công Vân: Năng lượng Mặt Trời - quá trình nhiệt và ứng dụng. Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật Hà Nội 2005.
- [2]. Đặng Đình Thống, Lê Danh Liên: Cơ sở năng lượng mới và tái tạo. Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, Hà Nội 2005.
- [3]. Trương Thị Toàn: Sử dụng năng lượng tái tạo. Trường ĐH nông nghiệp Hà Nội 2008.
- [4]. Nguyễn Bốn, Hoàng Dương Hùng, Năng lượng Mặt Trời lý thuyết và ứng dụng, Đại học Bách Khoa Đà Nẵng 2004.
- [5]. William B. Stine, Ph.D. Professor, Mechanical Engineering California State Polytechnic University Pomona, CA 91 768, 1994.
- [6]. Nguồn: <http://vi.wikipedia.org/w/index.php?oldid=3370037>

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	1
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI	2
1.1. Khái quát về Mặt trời và khí quyển Trái đất.	2
1.2. Năng lượng bức xạ Mặt trời.	8
1.3. Phương pháp tính toán năng lượng bức xạ Mặt trời	16
1.4. Đo cường độ bức xạ Mặt trời	32
1.5. Năng lượng bức xạ Mặt trời ở Việt Nam	33
1.6. Ứng dụng của năng lượng Mặt trời.....	35
CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN VỀ ĐỘNG CƠ STIRLING	41
2.1. Lịch sử phát triển của động cơ Stirling.....	41
2.2. Khái niệm và phân loại.....	43
2.3. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của động cơ Stirling.	45
2.4. Ứng dụng của động cơ Stirling.	57
CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN MẶT TRỜI DẠNG STIRLING DISH CÓ TỔNG CÔNG SUẤT 1MW	61
3.1. Khái quát chung.....	61
3.2. Thiết kế bộ thu mặt trời dạng Stirling Dish.	62
3.3. Nguyên lý điều khiển hệ thống.	66
3.4. Phân bố hệ thống gương.....	67
3.5. Tính toán kinh tế.....	70
KẾT LUẬN	72
Tài liệu tham khảo	73
Mục lục	734