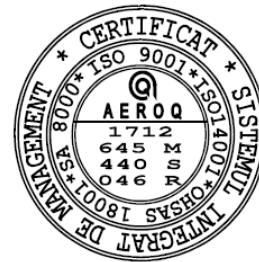


MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
UNIVERSITATEA "VASILE ALECSANDRI" din BACĂU
FACULTATEA de INGINERIE
CALEA MĂRĂȘEȘTI NR. 157 Tel./Fax +40 234 580170
<http://www.ub.ro>, decaning@ub.ro



Nr. /

Tematica pentru examenul de admitere la Masteratul universitar 2019-2020

Echipeamente si tehnologii moderne in energetica, ETME

Disciplina 1: Producerea energiei electrice și termice

- 1.1. Ciclul termic al centralelor termoelectrice cu abur
- 1.2. Centrale hidroelectrice. Elemente componente
- 1.3. Centrale electrice solare cu conversie termodinamică de energie primară

Bibliografie

1. Hazi A., Producerea energiei electrice și termice, Editura Pim Iași, 2014
2. Grigore R., Producerea energiei electrice si termice. Îndrumar de proiectare, Editura Alma Mater, Bacau, 2009
3. Ionel I., Ungureanu C., Centrale termoelectrice. Cicluri termodinamice avansate, Editura Politehnica Timișoara, 2004

Disciplina 2: Rețele electrice

- 2.1. Izolatoare
- 2.2. Scheme echivalente utilizate pentru linii electrice aeriene
- 2.3. Regimuri de funcționare a rețelelor electrice

Bibliografie

1. Hazi Gh., Rețele electrice, Editura Pim Iași, 2015
2. Ionescu T.G, Pop O., Ingineria sistemelor de distribuție a energiei electrice, Editura Tehnică București 1998
3. Potolea E., Calculul regimurilor de funcționare ale sistemelor electroenergetice, Editura Tehnică București, 1977

Disciplina 3: Surse regenerabile de energie

- 3.1. Tipuri de sisteme fotovoltaice
- 3.2. Aerodinamica turbinelor eoliene. Lucrul mecanic, energia cinetică și puterea vântului
- 3.3. Pompele de căldură și sursele de energie geotermală

Bibliografie

1. Grigore R., Surse regenerabile de energie, curs pentru uzul studenților
2. Bostan, I, ș.a., Sisteme de conversie a energiilor regenerabile, Editura "Tehnica-Info", Chișinău, 2007;
3. Badea A., Necula H., Surse regenerabile de energie, Editura AGIR, București, 2013

Director Departament EMSC
Prof.dr.ing. George Culea

Disciplina 1: Producerea energiei electrice și termice

1.1. Ciclul termic al centralelor termoelectrice cu abur

Transformarea căldurii în lucru mecanic se face prin cicluri termice închise în care evoluează agentul de lucru (energetic) apă – abur. La CET se folosesc cicluri de abur supraîncălzit iar la CNE cicluri cu abur saturat cu separarea umidității în procesul de destindere în turbină. În fig.1.1.a se prezintă ciclul termic teoretic cu abur supraîncălzit (cu supraîncălzire intermediară) și în fig.1.1.b – diagrama T-s corespunzătoare.

Transformările ciclurilor sunt: 1-2', 1'-2 destindere izentropică în turbină cu producerea lucrului mecanic L_T ; 2-3 condensare izobară – izotermă a aburului la sursa rece a ciclului, cedându-se energia termică Q_2 ; 3-4 comprimare izentropică în pompa de alimentare, consumându-se lucrul mecanic L_{PA} ; 4-1, 2'-1 (2''-1) încălzire izobară a agentului energetic la sursa caldă a ciclului, folosindu-se energia termică Q_1 și Q_{SI} . La ciclul real, transformările 3-4, 1-2', 1'-2 nu sunt izentropice, ci politropice, restul transformărilor rămânând practic aceleași.

Randamentul termic al ciclului este:

$$\eta_t = \frac{L_T - L_{PA}}{Q_1 + Q_{SI}} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1 + Q_{SI}} = 1 - \frac{T_{mi}}{T_{ms}} \quad (1.1)$$

unde T_{ms} , T_{mi} sunt temperaturile medii absolute ale sursei calde, respectiv reci ale ciclului, în $[^{\circ}\text{K}]$.

Ansamblul instalațiilor termomecanice parcurse de agentul energetic ce evoluează în ciclul termic formează circuitul termic al centralei.

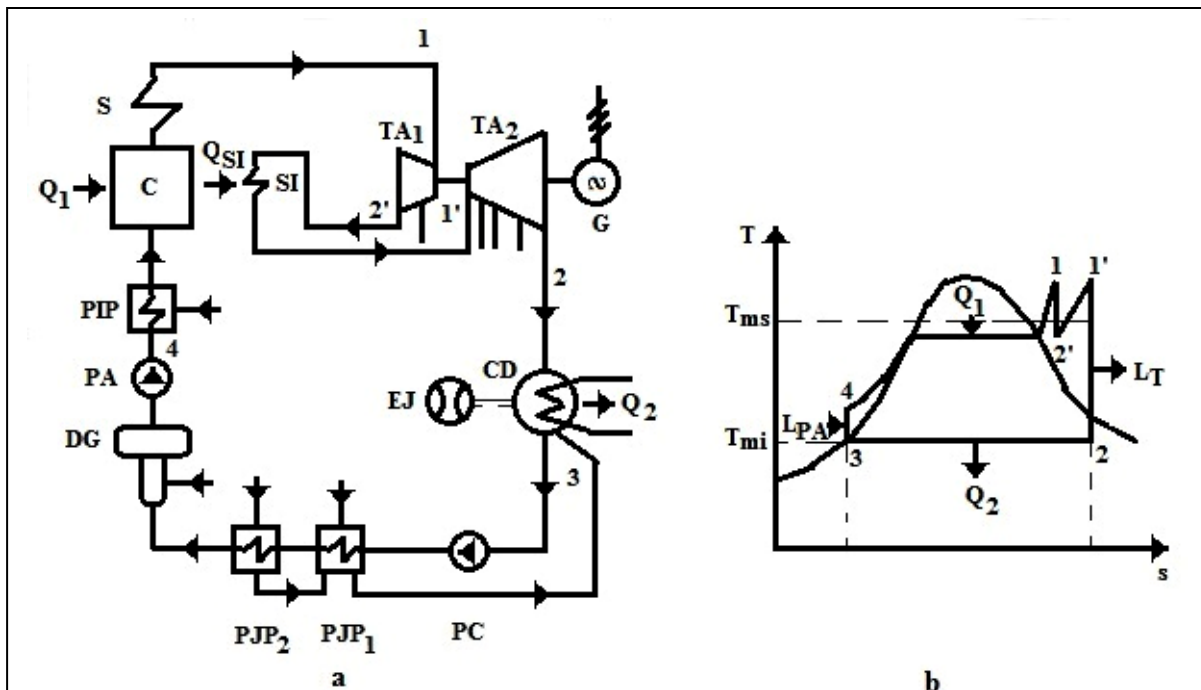


Fig.1.1. Schema termică (a) și ciclul (b) centralelor termoelectrice cu abur: C- cazan de abur; S- supraîncălzitor; SI-supraîncălzitor intermediar; TA1 și TA2 – treapta 1 și 2 a turbinei cu abur; G-generator; PIP – preîncălzitor de înaltă presiune; PJP1 și PJP2 - preîncălzitoare de joasă presiune; DG – degazor; CD – condensator; PA – pompă de alimentare; PC – pompă de condensat; EJ-ejector

1.2. Centrale hidroelectrice. Elemente componente

Centralele hidroelectrice (CHE) utilizează ca sursă primară energia hidraulică, potențială și cinetică a căderilor de apă naturale sau artificiale.

Centrala hidroelectrică ca transformator de energie lucrează cu un randament ce depășește în medie 80%.

Față de centralele termoelectrice, centralele hidroelectrice au unele particularități diferite și anume:

- sunt dependente de înălțimea de cădere, specifică fiecărei amenajări;
- sunt dependente de debitul de apă pe râu variabil în timp;
- sunt dependente ca soluție tehnică de configurația geografică a zonei și de geologia ei.

Elementele componente ale CHE sunt constituite în principal din construcții hidrotehnice cu caracter special, fig.1.2.

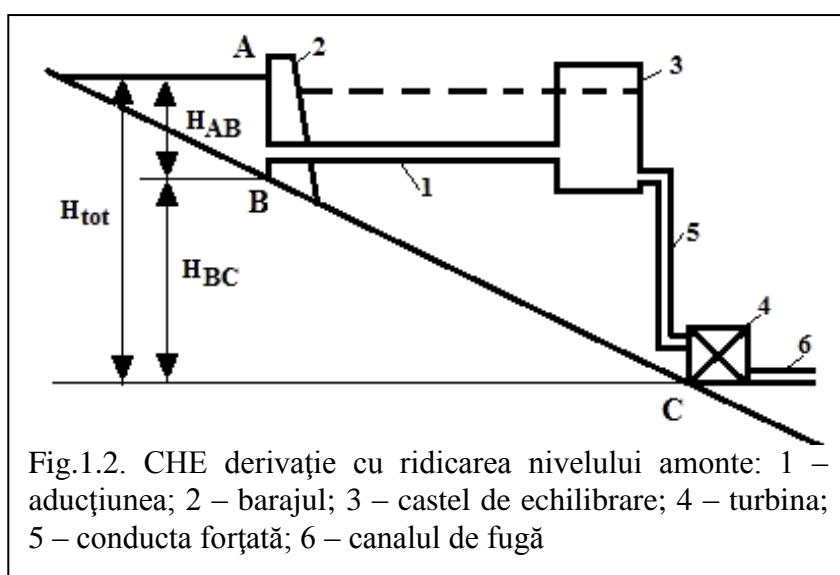


Fig.1.2. CHE derivație cu ridicarea nivelului amonte: 1 – aducțiunea; 2 – barajul; 3 – castel de echilibru; 4 – turbina; 5 – conductă forțată; 6 – canalul de fugă

Barajele sunt foarte diferite ca mod de execuție în funcție de înălțime (baraje de mică și de mare înălțime), de realizare, de natura terenului de fundare și de condițiile tehnice și economice.

Barajele joase sunt, în general, de lungime mare (baraje fluviale) în timp ce barajele înalte sunt mai scurte, fiind situate în văi înguste în zone de munte.

Barajele se pot executa din pământ și anrocamente (piatră), din

beton sau din beton armat. Barajele de greutate, din pământ sau din beton, sunt construcții a căror stabilitate față de presiunea hidrostatică a apei din lac se asigură prin forma suprafeței și prin greutatea lor.

Aducțiunea apei asigură circulația acesteia între captare și castelul de echilibru cu o pierdere minimă de nivel. Ea poate fi realizată sub formă de:

- canale (deschise de coastă);
- conducte (de beton sau metalice);
- tunele (necăptușite sau căptușite cu beton armat sau metal).

Castelul de echilibru are rolul principal de a reduce efectele loviturii de berbec, care apare datorită regimului tranzitoriu al apei din conducta de aducțiune atunci când vanele turbinelor se închid dintr-un motiv oarecare. Dacă nu ar exista castelul de echilibru, la oprire, întreaga masă de apă în mișcare transformând-și energia cinetică în energie potențială, ar ridica brutal nivelul presiunii în partea finală a traseului, în special pe conductă forțată, punând în pericol rezistența ei. În momentul opririi, masa în mișcare produce un salt al nivelului de apă în castel care se anulează prin oscilații amortizate.

Conducta forțată face legătura pe linia de cea mai mare pantă și pe traseul cel mai scurt între castelul de echilibru și turbinele hidraulice. Conductele forțate pot fi de tip individual sau comune pentru două sau mai multe turbine. Obișnuit sunt din oțel, dar pentru căderi reduse ele pot fi realizate și din beton armat în construcție pretensionată.

1.3. Centrale electrice solare cu conversie termodinamică de energie primară

Centralele electrice solare sunt centrale termoelectrice în care sursa caldă a ciclului termic de conversie a căldurii în lucru mecanic este un cazan solar, ce transformă radiația solară directă sau difuză în căldură.

Fluxul de energie transmis la nivelul suprafeței terestre de către soare (prin radiație) are un caracter ciclic, determinat, mărimea intensității sale depinzând de latitudinea locului, de mișcarea de revoluție și de rotație a Pământului. Peste caracterul ciclic, determinist, se suprapun influențe cu caracter aleator, legate de fenomenele meteorologice. Rezultă o variație diurnă a radiației solare, cu valori momentane, depinzând de anotimp și momentul zilei, o radiație ce se poate diminua sau anula în mod aleator.

CES se pot clasifica în funcție de: modul de colectare a energiei solare (tipul colectorului), modul de concentrare, tipul ciclului și agentul energetic folosit, mașina energetică utilizată, caracteristicile schemelor utilizate, modul de acumulare a căldurii, etc.

În funcție de modul de captare și concentrare a energiei solare, se disting:

- CES cu concentrare și turn la care radiația solară captată de pe o suprafață mare este concentrată într-un punct (receptorul solar), unde se transformă în energie termică;
- CES cu captatoare distribuite, în care radiația este concentrată în focarul fiecărui captator și transformată în căldură. Căldura rezultată poate fi folosită chiar la nivelul focarului captatorului sau într-o unitate centrală la care se colectează căldura de la mai multe captatoare;
- CES combinate cu captatoare distribuite și cu concentrare punctiformă.

Schemele termice ale CES se diferențiază mult prin numărul circuitelor termice. Din acest punct de vedere, ele se clasifică în scheme cu un singur circuit sau cu mai multe, numărul circuitelor alegându-se în funcție de natura agentului de răcire al receptorului solar, al agentului de stocare a căldurii și al agentului energetic.

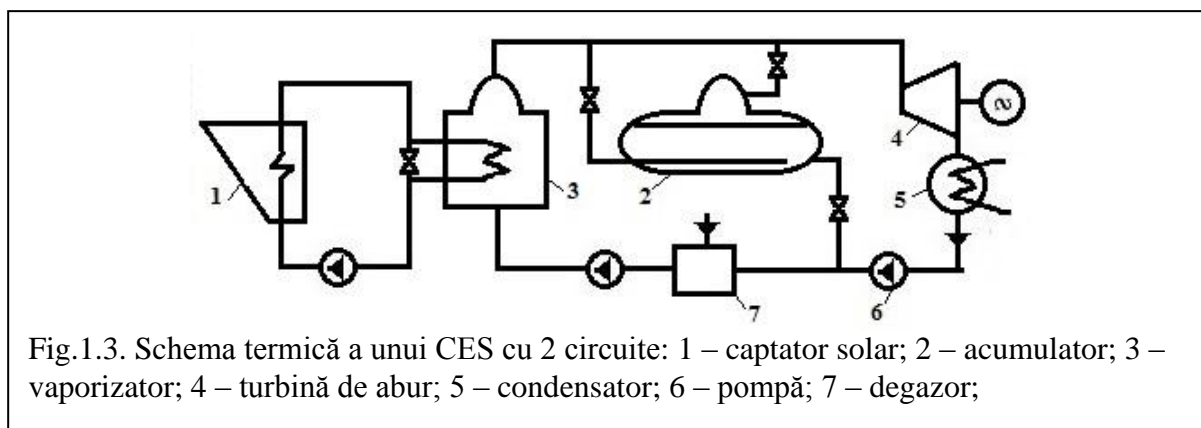


Fig.1.3. Schema termică a unui CES cu 2 circuite: 1 – captator solar; 2 – acumulator; 3 – vaporizator; 4 – turbină de abur; 5 – condensator; 6 – pompă; 7 – degazor;

În figura 1.3 este prezentată schema termică a unui CES cu 2 circuite în care agentul de răcire al receptorului este apa, agentul de lucru în circuitul termodinamic este aburul saturat și agentul de stocare a căldurii este apa. Stocul produce abur saturat cu parametri scăzători în timp.

Centralele electrice solare cu câmp de heliostate și turn (CESHT), au ponderea cea mai mare atât din punct de vedere al instalațiilor construite sau în curs de construire, cât și din punct de vedere al proiectelor studiate. CESHT sunt centrale la care energia solară este concentrată cu ajutorul unui câmp orientabil de oglinzi, într-un punct fix, receptorul solar, unde căldura produsă este transferată agentului termic.

Disciplina 2. Rețele electrice

2.1. Izolatoare

Sunt elemente componente ale LEA constituite dintr-un izolator solid, cu sau fără armături metalice, cu ajutorul cărora se realizează izolarea și fixarea conductoarelor. Izolatoarele sunt supuse acțiunii câmpurilor electrice date de tensiunea de serviciu sau de supratensiuni. *Conturnarea* este o descărcare exterioară izolatorului, de-a lungul liniei de fugă. *Străpungerea* unui izolator este o descărcare electrică prin corpul solid al izolatorului. *Linia de fugă (cm)* reprezintă distanța cea mai mică pe suprafața izolatorului între părțile metalice aflate la potențiale diferite.

Izolatoarele pot fi construite din:

- materiale ceramice
- sticlă
- materiale sintetice și compozite

În cadrul materialelor ceramice putem numi materialele: *porțelanul* cuarțos sau aluminos, *ceramica termorezistentă*, *steatitul* și *ceramica zirconiferă*.

Materialele compozite sunt considerate a fi “materiale din generația a 2-a”. Ele s-au dezvoltat pentru obținerea unor materiale cu proprietăți mecanice, tehnice, electrice, chimice, fizice, optice și de prelucrabilitate superioare materialelor tradiționale, ca înlocuitor pentru metale sau unele mase plastice. Materialele compozite sunt neomogene și anizotrope.

În cadrul acestor materiale izolante, *izolatorii compoziți de tracțiune realizați din cauciuc siliconic* cu inima de rășini sintetice armate cu fibre de sticlă prezintă proprietăți deosebite electroizolante și rezistență mecanică. Învelișurile și fustele realizate din cauciuc siliconic asigură o deosebită comportare antipoluare, datorită proprietăților hidrofobe ale materialului folosit. Capetele terminale ale izolatorilor (destinate prinderii în lanțuri de izolatoare) sunt realizate din aliaj de Al marca AlMgSi, un aliaj cu înalte proprietăți mecanice și rezistent la coroziune. Masa acestui izolator este 1/10 din masa unui izolator ceramic cu aceleași proprietăți electrice. Avantajele majore ale acestui tip de izolator sunt :

- invulnerabilitate la agresiuni mecanice (focuri de arma) datorită înaltelor proprietăți mecanice și a dimensiunilor reduse;
- înalta rezistență la acțiunea distructivă a radiației UV și a descărcărilor (conturnărilor) accidentale;
- costuri reduse de întreținere, nemaifiind necesară curățirea periodică a izolatorilor datorită proprietăților de hidrofobitate;
- reducerea costurilor de transport și instalare, în comparație cu izolatoarele ceramice sau de sticlă (sunt excluse spargerile);
- raport calitate/preț superior tuturor celorlalte tipuri de izolatoare;
- nu permite formarea suprafeței conductoare la apariția curentului de scurgere sau arcului pe suprafață.

Izolatoarele pot fi tip *suport*, situație în care sunt fixate rigid de stâlpi și nu se pot mișca și *izolatoare în suspensie*, tip capă-tijă care se pot mișca împreună cu conductorul.

2.2. Scheme echivalente utilizate pentru linii electrice aeriene

În calculele regimurilor rețelelor electrice, liniile electrice aeriene se înlocuiesc prin scheme echivalente în π , în Γ sau T. Schema echivalentă în π este dată în figura 2.1.

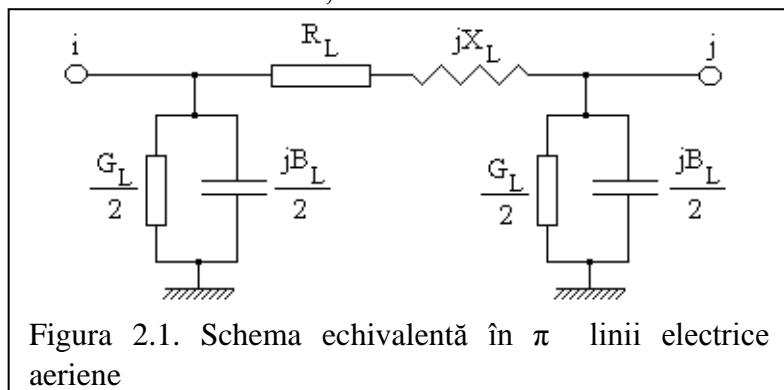


Figura 2.1. Schema echivalentă în π a unei linii electrice aeriene

Parametrii schemelor echivalente se calculează cu relațiile:

$$R_L = R_d \cdot l \quad (2.1)$$

$$X_L = X_d \cdot l \quad (2.2)$$

$$G_L = G_d \cdot l \quad (2.3)$$

$$B_L = B_d \cdot l \quad (2.4)$$

Conductanța liniilor se neglijează întotdeauna, influența acesteia asupra regimului de funcționare fiind foarte mică.

Fenomenul corona se va lua în considerare numai la calcule mai precise, însă numai pentru calculul pierderilor de energie, după ce s-a calculat regimul de funcționare.

Schema poate fi și mai concentrată:

$$\underline{Z}_L = R_L + j \cdot X_L \quad (2.5)$$

$$\underline{Y}_L = G_L + j \cdot B_L \quad (2.6)$$

O schemă asemănătoare se utilizează și în cazul secvenței homopolare, parametrii echivalenței calculându-se cu relațiile:

$$R_{hL} = R_h \cdot l \quad (2.7)$$

$$X_{hL} = X_h \cdot l \quad (2.8)$$

$$G_{hL} = G_h \cdot l \quad (2.9)$$

$$B_{hL} = B_h \cdot l \quad (2.10)$$

În cazul liniilor care au caracteristici constructive variate (se modifică secțiunea conductoarelor, tipul stâlpilor, caracteristicile terenului sunt diferite, etc), parametrii echivalenței se calculează pe tronsoane, câte o schemă de tipul 2.2 pentru fiecare tronson. Aceste tronsoane se înseriază, iar la calculul regimurilor de funcționare poate fi utilizată schema cu noduri intermediare (variantă mai precisă), sau pot fi calculați parametrii echivalenței ai întregii linii.

Alte scheme posibile sunt schemele în Γ sau T (figura 2.3, 2.4).

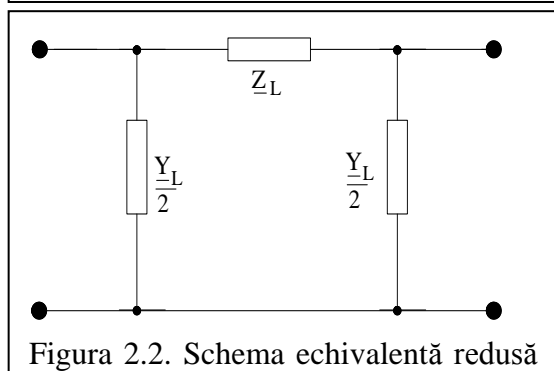


Figura 2.2. Schema echivalentă redusă

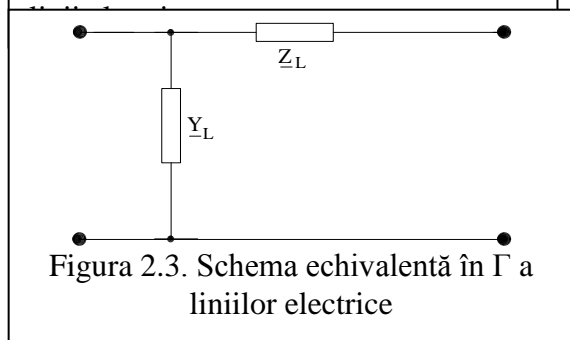


Figura 2.3. Schema echivalentă în Γ a liniilor electrice

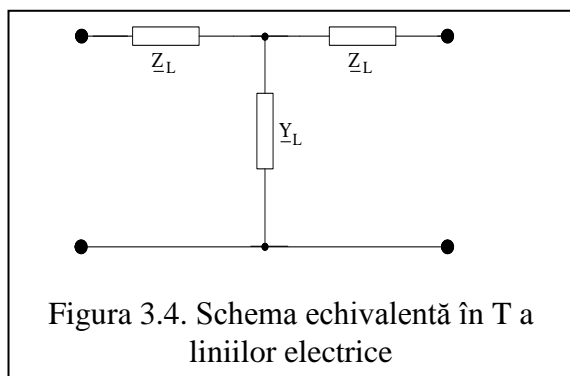


Figura 3.4. Schema echivalentă în T a liniilor electrice

Parametrii schemelor în Γ și în T se calculează la

fel. Aceste scheme au dezavantaje față de schema în π :

- schema în Γ este nesimetrică față de cele două noduri din capetele linii;
- schema în T introduce un nod suplimentar în calculul regimurilor de funcționare ale rețelei din care face parte linia.

În cazul liniilor lungi, parametrii concentrați trebuie corecțai cu doi coeficienți.

2.3. Regimuri de funcționare a rețelelor electrice

O rețea electrică este constituită din *noduri și laturi*. Nodurile rețelei sunt constituite din barele stațiilor, posturilor și tablourilor electrice, iar laturile din legături electrice între noduri. Laturile rețelei pot fi:

- longitudinale – când fac legătura între două noduri (de exemplu linii, transformatoare, bobine longitudinale pentru limitarea curenților de scurtcircuit)
- transversale – când fac legătura între nodurile rețelei și pământ (de exemplu bobine transversale pentru compensarea energiei reactive, baterii de condensatoare, capacitatea liniilor, admitanța transversală a transformatoarelor).

Nodul de referință pentru tensiuni este pământul.

Prin *regimul de funcționare* a unei rețele electrice se înțelege starea ei la un anumit moment dat, sau pe un interval de timp, caracterizat prin starea elementelor de rețea și prin valorile unor mărimi fizice, în diverse puncte din rețea și prin condițiile de funcționare.

Mărimile fizice care caracterizează un regim de funcționare sunt:

- tensiunea electrică în nodurile rețelei – de regulă tensiunea între faze și pământ în cazul rețelelor trifazate
- curenții electrice pe laturile rețelei sau curenții injectați în nodurile rețelei
- puterile activă și reactivă care circulă pe laturile rețelei sau injectate în nodurile rețelei
- defazaje dintre tensiunile din noduri sau defazaje dintre tensiuni și curenți
- frecvența semnalelor de tensiune și curent

Condițiile de funcționare a rețelei sunt definite de:

- starea de funcționare a elementelor rețelei
- încadrarea parametrilor (mărimilor fizice) în limitele prescrise.
- nivelul producției și consumului de energie în rețea

Din acest punct de vedere putem avea:

- *Regimuri normale* – caracterizate de faptul că toate elementele de rețea prevăzute în documentația aprobată sunt în stare de funcționare, iar mărimile fizice se încadrează în limitele prevăzute
- *Regimuri de avarie* – regimuri caracterizate de modificarea stării anterioare a ansamblurilor funcționale, prin abateri ale parametrilor funcționali ai acestora în afara limitelor prevăzute prin reglementări sau contracte sau prin reduceri ale puterii electrice produse pe *centrală* sau pe *grupuri*, indiferent de efectul evenimentului asupra *consumatorilor* și indiferent de momentul în care se produce.

După viteza de variație a mărimilor în timp avem:

- *Regimuri permanente* – caracterizate prin semnale sinusoidale ale tensiunilor și curenților și variații lente ale valorilor efective ale acestora
- *Regimuri tranzitorii* – caracterizate prin prezența unor componente neperiodice în semnalele de curent și tensiune și prin variația rapidă a acestor mărimi

După natura mărimilor pe cele trei faze avem:

- *Regim trifazat simetric* – caracterizat prin valori efective ale semnalelor de curent și tensiune egale pe cele trei faze și defazaje egale cu 120° între semnalele de pe faze diferite
- *Regim trifazat nesimetric* – caracterizat de valori efective ale semnalelor de curent sau tensiune inegale pe cele trei faze sau/și defazaje diferite de 120° între semnalele de pe faze diferite

Disciplina 3: Surse regenerabile de energie

3.1. Tipuri de sisteme fotovoltaice

Există trei tipuri de sisteme fotoelectrice: sisteme autonome, hibride și conectate la rețea.

Sisteme autonome

Sistemele autonome se bazează doar pe energia solară pentru a asigura necesarul de energie electrică. Așa cum s-a arătat mai înainte, ele pot conține acumulatori, care înmagazinează energia produsă pe timpul zilei, furnizând-o pe durata nopții sau când radiația solară este insuficientă. Acest tip de sistem, poate, de asemenea, să corespundă nevoilor unei aplicații (cum ar fi pomparea apei), fără să se utilizeze acumulatori. Ca regulă generală, sistemele FV autonome se instalează acolo unde reprezintă sursa cea mai economică de energie electrică. Oricând se poate opta, din motive de mediu, sau pentru a asigura un sistem mai fiabil fără conectare la rețea, pentru un sistem hibrid.

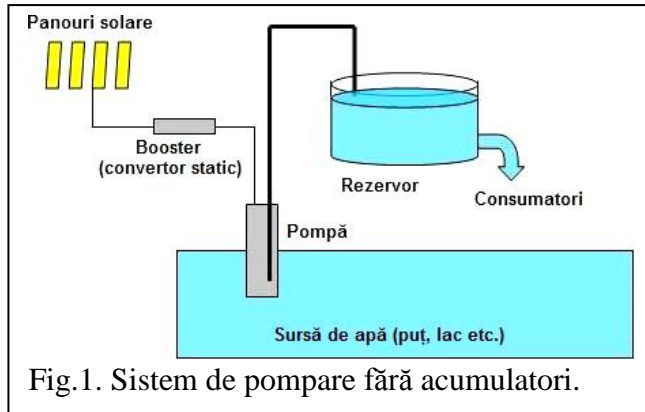


Fig.1. Sistem de pompare fără acumulatori.

Sisteme hibride

Sistemele hibride, care sunt, de asemenea, independente de rețeaua electrică de distribuție, se compun dintr-un generator fotoelectric, asociat cu o eoliană sau grup electrogen cu motor cu ardere internă, sau cu ambele. Un astfel de sistem se dovedește util în cazul aplicațiilor care necesită alimentarea continuă cu putere relativ mare, în cazul în care nu este suficientă lumină pe durata unor perioade ale anului sau pentru reducerea investiției în ceea ce privește modulele

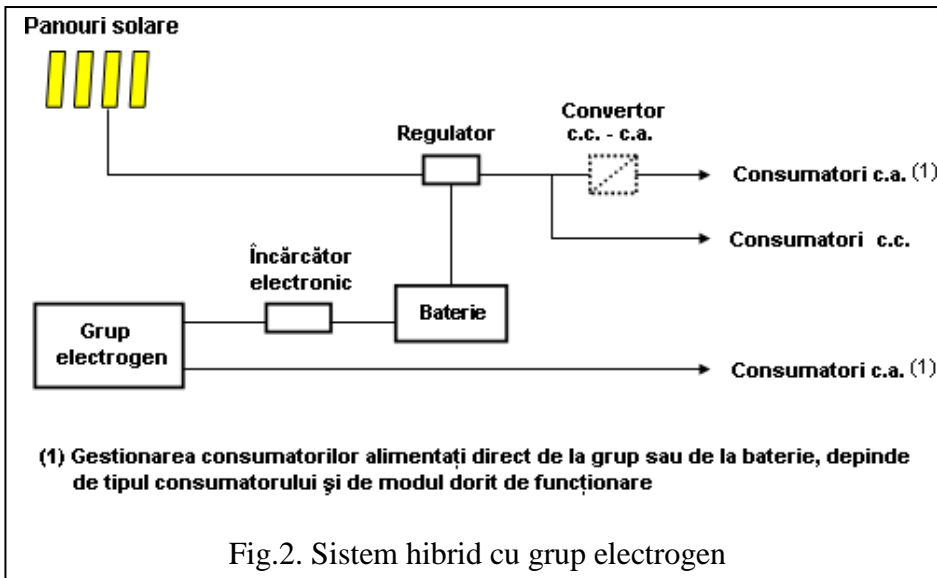


Fig.2. Sistem hibrid cu grup electrogen

fotoelectrice și bateriile de acumulatori.

Sisteme conectate la rețea

Sistemele de producere a energiei fotoelectrice, conectate la rețea, sunt rezultatul tendinței de descentralizare a rețelelor electrice. Energia este produsă mai aproape de locul unde se consumă și nu numai în termocentrale sau hidrocentrale mari.

În timp, sistemele conectate, vor reduce necesitatea creșterii capacității liniilor de transport și distribuție. Un sistem conectat la rețea asigură necesarul local de energie electrică, iar eventualul excedent îl debitează în rețea; acest transfer, elimină necesitatea achiziționării și întreținerii bateriilor de acumulare.

Sistemele mai mari presupun un invertor de putere mare ce poate fi conectat la mai multe panouri (ca în cazul sistemelor neconectate la rețea). Curentul continuu este transformat în

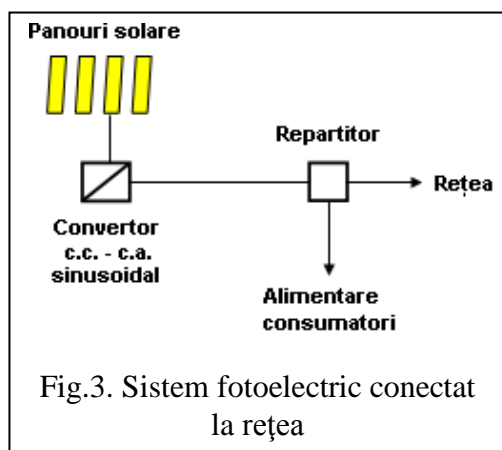


Fig.3. Sistem fotoelectric conectat la rețea

curent alternativ, sincronizat cu rețeaua. Aceasta se comportă ca o baterie de acumulatori fără limită de capacitate.

Cea mai mare parte a costului unui sistem conectat la rețea o reprezintă fabricația modulelor fotoelectrice din componența acestuia. Aceste costuri au cunoscut reduceri importante pe parcursul ultimilor ani și este de așteptat ca această tendință să continue.

În consecință, acest tip de sistem devine din ce în ce mai abordabil:

- În unele regiuni urbane cu climat cald, costul kWh de electricitate produsă de sistemele fotoelectrice conectate la rețea, este comparabil cu

cel produs prin alte metode "clasice".

- În regiunile cu radiație solară redusă, acest tip de sistem este mai puțin interesant.

Există un cert potențial al pieței de sisteme rezidențiale fotoelectrice conectate la rețea, dar trebuie ca prețul lor să mai scadă, pentru a putea deveni competitive economic cu distribuția "clasică" de energie, relativ ieftină și disponibilă.

3.2. Aerodinamica turbinelor eoliene. Lucrul mecanic, energia cinetică și puterea vântului

Asemănător altor forme de energie și cea eoliană poate fi transformată în alte forme de energie, de exemplu mecanică, sau electrică. În condiții ideale, se poate considera că aceste transformări se produc fără pierderi, dar în situațiile reale, întotdeauna se poate defini un randament al transformării energiei dintr-o formă în alta. În continuare va fi determinat *potențialul energetic eolian*, respectiv *potențialul de putere*, care ar putea să fie dezvoltate în condiții ideale, de energia eoliană.

Pentru efectuarea acestui calcul, va fi analizat pentru început, cazul celebrului personaj Marry Poppins, care în romanul lui P. L. Travers, apare în zbor, deplasându-se cu ajutorul unei umbrele, datorită energiei dezvoltate de “vântul de primăvară”, fenomen prezentat în figura 4.

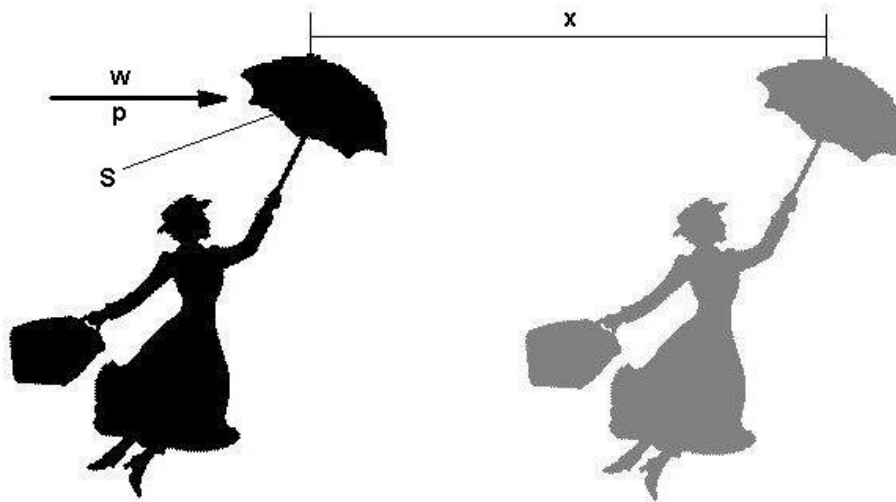


Fig. 4. Marry Poppins se deplasează sub acțiunea energiei eoliene

Considerând că viteza vântului este w , presiunea dinamică p , datorată deplasării aerului, poate fi calculată cu relația:

$$p = \rho \frac{w^2}{2}$$

unde ρ [kg/m^3] este densitatea aerului.

La rândul ei, densitatea aerului, depinde de presiunea atmosferică (deci de latitudine, longitudine, altitudine și condițiile meteorologice), respectiv de umiditatea aerului.

În contact cu suprafața umbrelei, presiunea vântului, produce forța care determină deplasarea lui Marry Poppins. Cu cât suprafața asupra căreia acționează vântul este mai mare, cu atât și forța produsă de vânt este mai mare. Aceasta este și explicația faptului că atât panzele corăbiilor, cât și paletele morilor de vânt aveau suprafețe foarte mari, necesare dezvoltării unor forțe cât mai mari.

În contact cu suprafețele asupra cărora acționează (umbrela, pânzele corăbiilor, paletele morilor de vânt, etc.), vântul este frânat, iar energia cinetică a acestuia, se transformă în energie potențială de presiune, respectiv în energie mecanică și este transferată suprafeței care realizează frânarea. Frânarea se produce pe orice suprafață normală (perpendiculară) la direcția vântului. În cazul în care suprafața nu este perpendiculară pe această direcție, vântul va acționa pe proiecția suprafeței, în planul normal la direcția vântului.

Notând cu S , proiecția suprafeței umbrelei lui Marry Poppins, în planul normal la direcția vântului, forța F , dezvoltată de vânt asupra umbrelei, se poate calcula cu relația:

$$F = p \cdot S = \rho \frac{w^2}{2} S$$

Considerând că deplasarea se produce pe distanța x , poate fi calculat lucrul mecanic L , produs de forța dezvoltată de vânt:

$$L = F \cdot x = \rho \frac{w^2}{2} S \cdot x$$

Puterea P , dezvoltată de vânt, pentru a produce deplasarea, în intervalul de timp τ , poate fi determinată cu relația:

$$P = \frac{L}{\tau} = \rho \frac{w^2}{2} S \frac{x}{\tau} = \rho \frac{w^3}{2} S$$

deoarece $\frac{x}{\tau} = w$.

Aceeași relație de calcul pentru puterea dezvoltată de vânt, poate fi determinată considerând că energia cinetică a vântului, reprezintă tocmai potențialul energetic al acestuia.

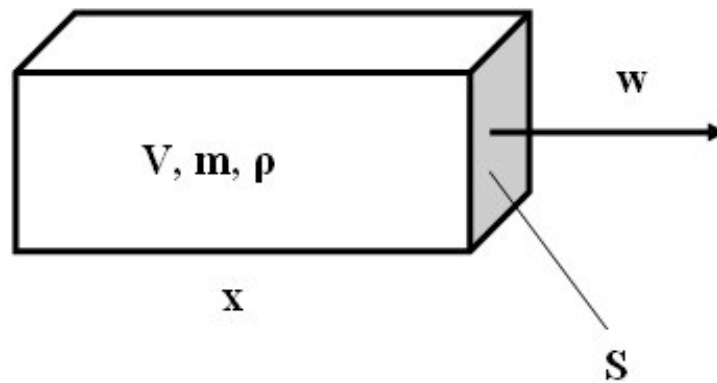


Fig. 5. Schema de calcul pentru energia cinetică a vântului

Pentru a calcula energia cinetică a vântului, se va considera ca în figura 5, un volum oarecare de aer V , închis de o suprafață oarecare S , pe o lungime oarecare x . Lungimea x se consideră pe direcția vântului, iar suprafața S , este considerată normală la direcția vântului. În aceste condiții, volumul de aer se determină cu relația:

$$V = S \cdot x$$

Considerând că aerul are densitatea ρ , se poate calcula cantitatea (masa) de aer m , care se deplasează sub acțiunea vântului:

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot x$$

Energia cinetică E_c , a masei de aer m , se determină cu relația:

$$E_c = m \frac{w^2}{2} = \rho \cdot S \cdot x \frac{w^2}{2}$$

Puterea pe care o poate dezvolta vântul, datorită energiei sale cinetice, în intervalul de timp τ , se calculează cu relația:

$$P = \frac{E_c}{\tau} = \rho \cdot S \cdot \frac{x}{\tau} \frac{w^2}{2} = \rho \frac{w^3}{2} S$$

adică aceeași relație determinată cu ajutorul lucrului mecanic pentru deplasarea lui Marry Poppins.

Atât în cazul lui Marry Poppins, cât și în cazul analizei energiei cinetice a vântului, au fost considerate situații ideale, fără pierderi fără și ireversibilități, astfel încât marimile calculate, reprezintă

potențialul de dezvoltare a lucrului mecanic, *potențialul* de dezvoltare a energiei cinetice, respectiv *potențialul* de dezvoltare a unei puteri de către vânt.

În cazul aplicațiilor reale, se va lua în considerare randamentul η , de conversie a energiei eoliene în energie mecanică, care depinde de performanțele tehnice ale echipamentului utilizat.

$$\eta = \frac{L_r}{L} = \frac{E_{cr}}{E_c} = \frac{P_r}{P}$$

unde indicele r , a fost utilizat pentru a desemna mărimile reale, față de mărimile fără acest indice, considerate mărimi teoretice, sau potențiale.

În cazul turbinelor eoliene, suprafața S , utilizată pentru conversia energiei eoliene, este suprafața rotorului turbinei, de rază r , respectiv de diametru d :

$$S = \pi \cdot r^2 = \pi \frac{d^2}{4}$$

Analizând relațiile de calcul prezentate anterior, se observă că puterea pe care o pot dezvolta echipamentele eoliene, în particular turbinele eoliene, depinde în principal de viteza vântului w , proporțional cu puterea a treia a acestei mărimi, dar și de diametrul d , respectiv raza r , a rotorului, proporțional cu puterea a doua a acestor mărimi. Puterea pe care o pot dezvolta echipamentele eoliene, mai depinde și de densitatea ρ , a aerului în locul în care este amplasat echipamentul respectiv. La rândul ei, densitatea aerului depinde de presiunea atmosferică în locul pe care este amplasat echipamentul și de umiditatea absolută a aerului. Presiunea atmosferică a aerului, depinde de latitudine, longitudine, altitudine, temperatură și condițiile meteo, iar umiditatea aerului depinde de condițiile meteo.

3.3. Pompele de căldură și sursele de energie geotermală

Pompele de căldură, pot să absoarbă căldura din sol, de la diferite adâncimi, din apa freatică, din apele de suprafață (dar numai cu condiția să nu existe pericolul ca apa să înghețe), sau chiar din aer (dar numai în perioadele în care temperatura aerului este suficient de mare, pentru a permite funcționarea pompelor de căldură, cu o eficiență ridicată). Indiferent de sursa de căldură, **pompele de căldură utilizează** indirect, **energia solară** acumulată în sol, apă sau aer.

Solul reprezintă o sursă de căldură eficientă, deoarece acumulează căldură atât direct sub formă de radiație solară cât și indirect de la ploi, respectiv de la aer. Căldura poate fi preluată cu ajutorul unor circuite intermediare plasate în sol, care absorb căldură și o transmit vaporizatorului pompei de căldură. Este posibilă și amplasarea direct în sol a vaporizatorului pompei de căldură.

Circuitele intermediare de preluare a căldurii din sol, sunt compuse din:

- schimbătoare de căldură, denumite colectori,
- pompe de circulare a agentului intermediar din aceste circuite,
- vas de expansiune,
- sistem de distribuție a agentului intermediar în colectori,
- dispozitive de aerisire, etc.

Agentul intermediar din circuitele intermediare este reprezentat de soluții apoase de tip antigel, iar majoritatea producătorilor recomandă diverse amestecuri ecologice de acest tip. Uneori pot fi utilizate și soluții de apă sărată, dar nu se poate utiliza apa simplă, deoarece pe timp de iarnă există pericolul ca apa să înghețe, cel puțin în porțiunile de conducte aflate la suprafața solului, sau chiar în aer liber (chiar dacă sunt izolate).

Există două tipuri de colectori care pot fi utilizați în circuitele intermediare de preluare a căldurii din sol:

- colectori orizontali, care se montează la adâncimi de cca. 1,2...1,5m,
- colectori verticali, denumiți și sonde, care se montează în orificii practice prin forare, la adâncimi de până la cca. 100m, peste aceste adâncimi fiind dificil de obținut autorizații pentru realizarea forajelor.

Atât colectorii orizontali, cât și cei verticali, sunt realizați din tuburi de polietilenă, care asigură o durată foarte lungă de exploatare, absolut necesară acestor echipamente.

Apa freatică reprezintă o sursă de căldură și mai eficientă decât solul, deoarece temperatura acesteia este relativ constantă în tot timpul anului, având valori de 7...12°C, deci mai ridicate decât solul. În plus, apa freatică poate fi circulată direct prin vaporizatorul pompelor de căldură, ceea ce elimină necesitatea unui circuit intermediar.

Apa freatică trebuie să se găsească la adâncimi relativ reduse, care să permită obținerea autorizației de foraj, adică maxim 50...70m. Se recomandă totuși ca adâncimea de la care este preluată apa freatică, în cazul locuințelor familiale, să nu depășească 15m, pentru că la adâncimi mai mari cresc mult costurile pentru realizarea celor două foraje, precum și costurile de exploatare datorate înălțimii ridicate de pompare a apei freactice.

Distanța dintre cele două puțuri trebuie să fie de minim 5m, iar amplasarea astfel încât sensul de curgere a apei să fie dinspre puțul prin care este absorbită apa, spre cel în care este evacuată apa.

Nu este posibilă utilizarea ca sursă de căldură, a apei din lacuri freactice, deoarece în acest caz există pericolul înghețării apei în jurul sondelor, ceea ce împiedică funcționarea pompei de căldură.

Dezavantajele utilizării apei freactice ca sursă de căldură, sunt reprezentate de faptul că este necesar să existe un debit suficient de mare al apei freactice, iar compoziția chimică trebuie să se încadreze între limite bine precizate din punctul de vedere al unor componenți cum sunt:

carbonați acizi, sulfati, cloruri, amoniac, sulfid de sodiu, bioxid de carbon liber (extrem de agresiv), nitrati, hidrogen sulfurați, etc.

Apa din lacuri și râuri poate fi utilizată de asemenea ca sursă de căldură, dar este necesară utilizarea unui circuit intermediar și trebuie evitată formarea de gheață pe colectori amplasați în apă, deoarece gheața ar reduce mult intensitatea transferului termic dintre apă și agentul intermediar din colectori.

Apa de mare este și mai ușor de utilizat, deoarece la o adâncime de câțiva metri, nu se mai pune problema înghețării acesteia, dar și în cazul apei de mare, trebuie utilizat un circuit intermediar pentru preluarea căldurii.

Aerul reprezintă o sursă de căldură gratuită, disponibilă în cantități nelimitate. În pompele de căldură, se poate utiliza ca sursă de căldură doar aerul exterior, care este circulat prin tubulaturi cu ajutorul unui ventilator. În figura 6 este prezentată o pompă de căldură care absoarbe căldură de la aer și încălzește apă, utilizabilă pentru încălzire, sau ca apă caldă menajeră. Aceste echipamente sunt denumite pompe de căldură aer-apă.

Pompele de căldură aer-aer sunt cele mai răspândite și sunt reprezentate de toate aparatele de condiționarea aerului, care pot să realizeze atât răcire cât și încălzire. În regim de încălzire, aceste echipamente funcționează ca pompe de căldură aer-aer.

La scăderea temperaturii exterioare, eficiența pompelor de căldură care utilizează aerul ca sursă de căldură, se reduce sensibil, ceea ce limitează posibilitatea utilizării acestor echipamente, la o perioadă de timp de maxim 70...80% din an, fiind indicată utilizarea combinată a acestora, împreună cu alte sisteme de încălzire. Pe de altă parte, în perioadele mai calde ale anului, primavara, vara și toamna, când temperatura aerului este mai ridicată, aceste echipamente pot fi extrem de eficiente pentru prepararea apei calde menajere.

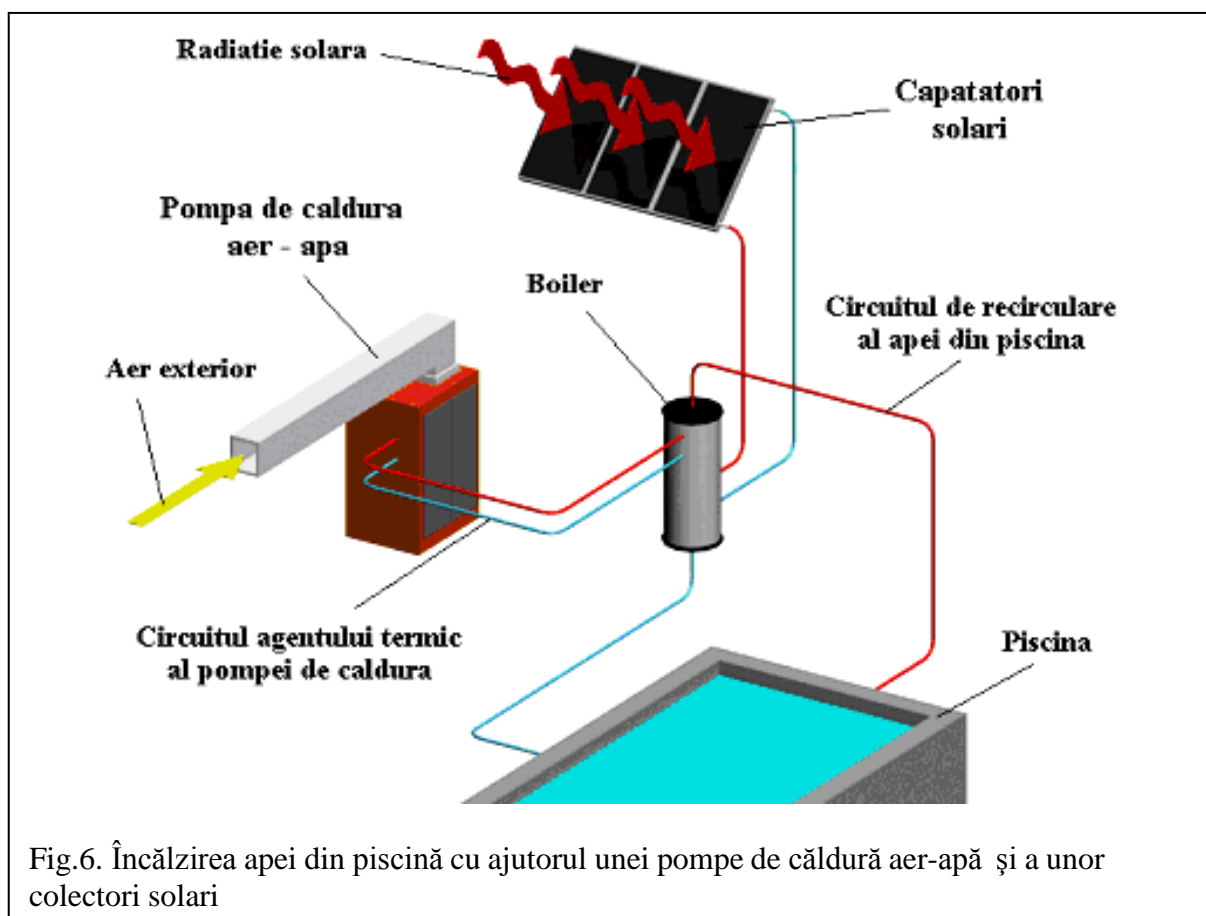


Fig.6. Încălzirea apei din piscină cu ajutorul unei pompei de căldură aer-apă și a unor colectori solari

Pentru acest gen de aplicație, pompele de căldură aer-apă, sunt între cele mai eficiente posibile, iar combinația cu un echipament de încălzire utilizând energie solară este cu atât mai performantă și permite exploatarea ieftină a piscinei cu apă caldă, atât în perioadele însorite cât și în cele fără radiație solară directă.