

SISTEME NECONVENȚIONALE DE CONVERSIE A ENERGIEI. DEZVOLTARE-TENDINȚE ACTUALE

Șef lucrări dr. ing. Lucian MIHEȚ-POPA

Absolvent al Facultății de Electrotehnică – Timișoara, promoția 1999. A absolvit studiile aprofundate în 2000, la specializarea acționări electrice și electronică de putere, iar în 2003 a obținut titlul de doctor în inginerie electrică. În prezent este cadru didactic la Facultatea de Electrotehnică din cadrul Catedrei de mașini, acționări și utilizarea energiei (MAUE). Este autor a trei cărți și a publicat peste 25 de lucrări științifice, ca prim autor, în reviste internaționale și naționale. A participat la șase contracte de cercetare, dintre care trei, internaționale. A fost profesor invitat în Germania, la Universitatea din Siegen, în anul 2004, și a lucrat ca cercetător la Universitatea din Aalborg–Danemarca, în perioada 2000–2002.



Conf. dr. ing. Dan NICOARĂ

Absolvent al Institutului Politehnic „Traian Vuia” din Timișoara, Facultatea de Electrotehnică, Secția electromecanică, în 1974. În perioada 1975–1991 a lucrat la Întreprinderea Electrotimiș–Timișoara, ca inginer proiectant. Din 1991 este cadru didactic la Universitatea „Politehnica” din Timișoara, Facultatea de Electrotehnică, Catedra de MAUE, fiind în prezent conferențiar universitar. Activitatea științifică este concretizată prin elaborarea, în calitate de autor principal sau coautor, a șase tratate, cărți sau manuale de specialitate, șase brevete de invenție și peste 36 de lucrări științifice publicate în reviste de specialitate din țară și din străinătate. De asemenea, a participat și participă la derularea a peste 16 contracte de cercetare științifică în domeniul de specialitate inginerie electrică.

REZUMAT

Lucrarea prezintă trei sisteme neconvenționale de conversie a energiei: sisteme de conversie a energiei eoliene, sisteme de conversie a energiei solare și sisteme de conversie a curenților marini. Sunt descrise elementele componente ale acestora, principiul de funcționare și domeniile de aplicabilitate. De asemenea, se prezintă dezvoltarea tehnologiei de producere a energiei electrice și estimarea evoluției puterii instalate pe glob până în anul 2020.

ABSTRACT

The paper deals with three renewable energy systems: wind energy systems, solar energy systems and ocean energy systems. The main components, configurations, principles and a range of applications are also described. An overview of development in energy technology and power capacity evolution by energy source in the world until 2020 is presented.

1. INTRODUCERE

Din cauza consumului și a costului tot mai crescut al cărbunelui și al petrolului pentru producerea energiei electrice, dar și a gradului de poluare în continuă creștere produsă de folosirea acestor metode clasice de obținere a energiei electrice, piața producătorilor de energie și-a îndreptat atenția, în special în ultimii 10-15 ani, spre metode alternative de generare a electricității.

Sursele clasice de producere a energiei electrice (termocentrale, centrale nucleare, hidrocentrale) pot fi reduse semnificativ prin înlocuirea cu surse neconvenționale de conversie a energiei, cum ar fi turbinele de vânt (generatoare eoliene), panourile solare, sisteme de conversie a curenților marini etc., rezultând astfel o scădere a gradului de poluare, o reînnoire a resurselor indigene și, într-un final, crearea unei industrii energetice moderne, cu implicații majore în susținerea economiei.

De exemplu, energia eoliană este o sursă de energie inepuizabilă și nu este poluantă, iar în unele zone este „abundentă”, acest lucru fiind fructificat cu precădere în țări ca Danemarca, unde, din consumul anual de energie electrică, 15% provine din conversia energiei eoliene [1, 8].

Progresele recente care au fost realizate pentru obținerea acestui tip de energie au condus la costuri reduse (0,05 US dolar/kWh), comparabile cu cele ale unei termocentrale [2], dar cu o eficiență mult mai mare.

2. DEZVOLTAREA TEHNOLOGIEI DE PRODUCERE A ENERGIEI ELECTRICE. TENDINȚE ACTUALE

Din totalul de energie primară convertită în energie electrică o pondere semnificativă o reprezintă energia termică.

În figura 1 se prezintă un studiu realizat de Enerdata [10] referitor la distribuția producției de energie electrică a anului 2004 în întreaga lume, utilizând diferite surse primare de energie.

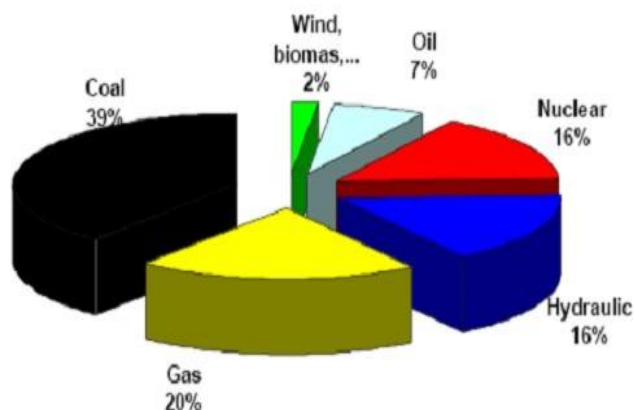


Fig. 1. Distribuția producției de energie electrică în anul 2004, utilizând diferite surse de energie [10].

Producția de energie electrică în anul 2004 a fost de 17400 TWh [10]. Ponderea cea mai semnificativă a reprezentat-o energia termică, rezultată prin arderea cărbunelui (39 %), urmată de cea a gazelor naturale (20 %).

După cum rezultă din figura 1, energia termică are o pondere mai mare decât suma principalelor surse de electricitate (energie nucleară + energie hidroelectrică). De asemenea, se poate remarca faptul că sursele regenerabile au reprezentat un procentaj foarte modest (2 %).

Rezerva de cărbune ar fi suficientă și pentru următorii 200 de ani, dar utilizarea acestuia trebuie limitată, din cauza emisiei de dioxid de carbon (CO₂). Ca un exemplu în acest sens: o hidrocentrală care utilizează arderea cărbunelui pentru a produce 600 kW produce în același timp și 1200 de tone de dioxid de carbon / an [1, 2, 8].

Deși utilizarea gazelor naturale s-a dublat în anul 2004 față de anul 2000, se estimează că în următorii 70–80 de ani rezerva de gaze poate fi epuizată. De asemenea, și rezerva de petrol ar putea fi epuizată în următorii 50 de ani [10].

În concluzie este foarte important ca puterea instalată a surselor alternative nepoluante de energie să crească în următorii 15 ani și acest lucru este posibil cu până la 80 %. În acest sens, este prezentată o diagramă care estimează evoluția capacității de creștere a puterii instalate până în anul 2020 (fig. 2).

După cum reiese din figura 2, se estimează faptul că folosirea resurselor de gaze și cărbune ar putea acoperi mai mult de 70 % din puterea instalată produsă până în anul 2020. De asemenea, se prevede o creștere semnificativă pe partea producerii energiei electrice prin utilizarea centralelor de vânt și a hidrocentralelor (30 %), în timp ce energia nucleară va aduce doar o contribuție modestă, care va compensa micșorarea utilizării resurselor de petrol.

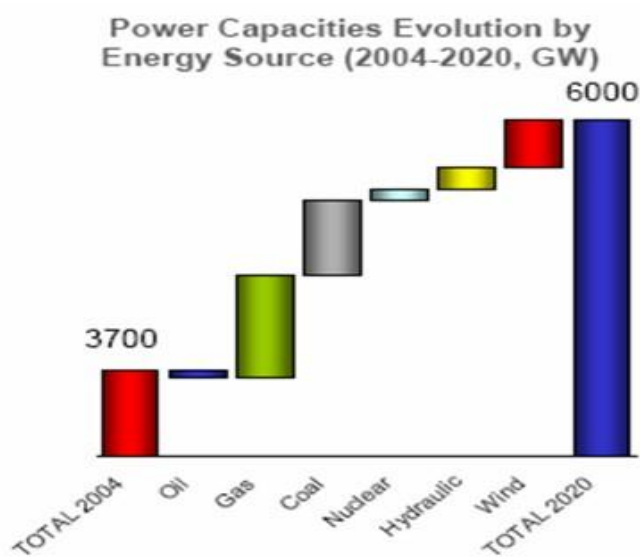


Fig. 2. Estimarea evoluției capacității de producere a energiei electrice până în anul 2020 în întreaga lume [10].

Ideea de bază spre care se tinde este aceea că până în anul 2020 cantitatea globală de energie ar putea crește cu până la 80 %, prin utilizarea diferitelor surse alternative neconvenționale, printr-o eficientizare a utilizării resurselor existente și prin proiectarea unor dispozitive performante de stocare a energiei.

3. SISTEME DE CONVERSIE A ENERGIEI EOLIENE

Energia eoliană s-a dovedit a fi o sursă viabilă pentru generarea electricității, în foarte multe țări din lume. Generarea energiei eoliene este atractivă și pentru cercetare, punându-se accent pe creșterea, reînnoirea și pe utilizarea ei ca o sursă de energie nepoluantă [1–4, 7–8].

Energia electrică obținută din energie eoliană, prin intermediul turbinelor de vânt, depinde, pe de o parte, de energia cinetică a vântului care lovește turbina, iar pe de altă parte, de designul acesteia.

Există două configurații generale de bază ale turbinelor eoliene (fig. 3):

- turbine de vânt cu ax vertical, la care axa de rotație este perpendiculară pe direcția vântului;
- turbine de vânt cu ax orizontal, la care axa de rotație este paralelă pe direcția vântului.

După cum reiese din figura 3, elementele principale ale unui sistem de conversie a energiei eoliene sunt : mașina electrică (funcționează ca generator), rotorul turbinei cu paletelor componente (două sau trei), arborele rotorului și generatorului, cutia de viteze, care poate lipsi în cazul utilizării generatoarelor sincrone, nacela, în care sunt plasate toate elementele componente, și turnul de susținere,

care poate avea o înălțime de peste 20 m, în funcție de locul în care este plasată (o turbină de vânt de 4,5 MW, plasată în mare, poate avea un turn de 80–100 m înălțime).

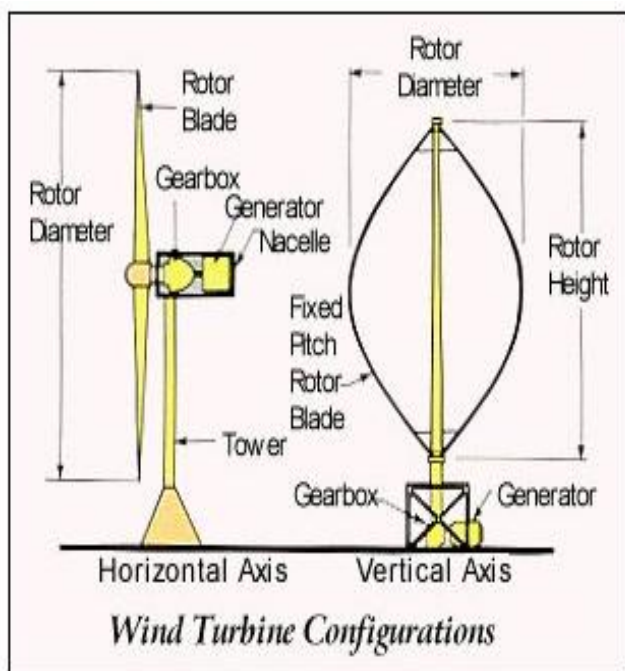


Fig. 3. Configurații de bază ale turbinelor de vânt [8, 11].

Turbinele de vânt pot fi construite atât cu generatoare sincrone, cu înfășurare de excitație sau magneți permanenți, cât și cu generatoare asincrone (de inducție), atât cu rotor bobinat cât și cu rotorul în colivie, care pot fi conectate la rețea direct sau indirect. Conectarea directă presupune conectarea rigidă la curentul alternativ (de obicei trifazat) al rețelei la puteri de maxim 500 kW. Conectarea indirectă la rețea presupune trecerea curentului provenit de la mașina electrică printr-o serie de dispozitive electronice care au rolul de-a ajusta curentul pentru a se „potrivi” cu cel al rețelei. În cazul generatoarelor asincrone, acest lucru se realizează automat [1, 4, 7].

Paletelor rotorului turbinelor eoliene (cel mai frecvent în număr de trei) extrag energia cinetică de la vânt, pe care o convertesc în energie de rotație, apoi o furnizează prin intermediul unității mecanice (arbore, cutie de viteze) la rotorul generatorului electric și de asemenea la statorul acestuia. Generatorul electric are rolul de-a converti energia mecanică în energie electrică.

Conversia energiei cinetice a vântului în putere mecanică (P_{mec}) și apoi în putere electrică (P_{el}) este descrisă de următoarele ecuații [8]:

$$P_{mec} = k \cdot C_p \lambda \cdot w^3 = \frac{C_p \lambda \cdot k \cdot \omega_R^3 \cdot R^3}{\lambda^3} \quad (1)$$

$$k = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A; \lambda = \frac{\omega_R \cdot R}{w}; \quad (2)$$

$$P_{el} = \eta \omega_R \cdot P_{mec} \quad (3)$$

în care: C_p reprezintă factorul de putere al turbinei; λ – raportul de transmisie al vitezelor; w – viteza vântului, ω_R – viteza unghiulară a rotorului; R – raza rotorului în plan; ρ – densitatea aerului; A – aria rotorului; $\eta \omega_R$ – eficiența generatorului și a cutiei de viteze, în funcție de viteza rotorului.

Diametrul paletelor unei turbine de vânt de 5 MW poate ajunge la 120 m.

Puterea produsă prin conversia energiei eoliene variază cu cubul vitezei vântului, de aceea crește de 8 ori la fiecare dublare a vitezei vântului, după cum rezultă din figura 4 [1, 8]:

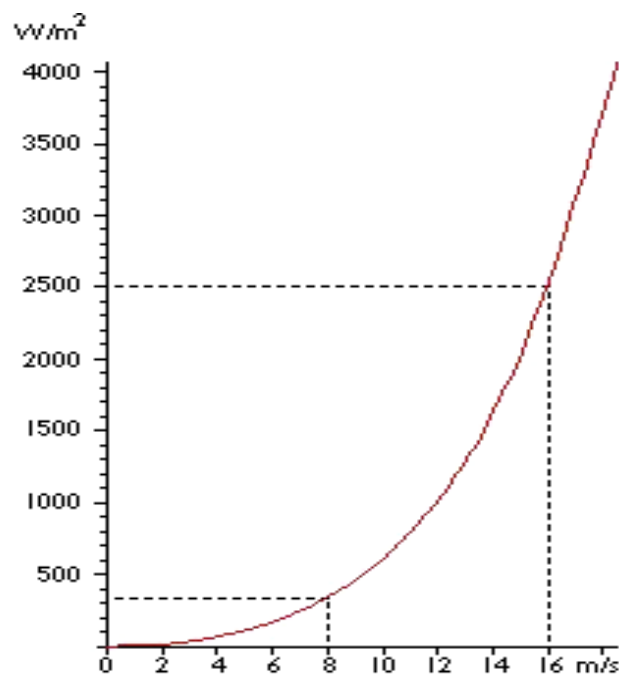


Fig. 4. Cantitatea de energie electrică pe o anumită suprafață obținută din conversia energiei eoliene la diferite viteze ale vântului [1, 8].

După cum reiese din figura 4, la o viteză a vântului de 8 m/s se obține o putere (cantitatea de energie pe secundă) de 314 W, corespunzătoare suprafeței rotorului turbinei, iar dacă viteza vântului se dublează, se obține o putere de 2500 W.

O turbină eoliană cu puterea nominală $P_N = 600$ kW și cu un diametru al rotorului de 43 m produce 2000 de MWh/an, adică necesarul de electricitate consumată de 400–500 de consumatori casnici europeni [1, 8].

În figura 5 este prezentat un tablou cu puterea instalată pe glob a turbinelor de vânt între anii 1983 și 2004 [10].

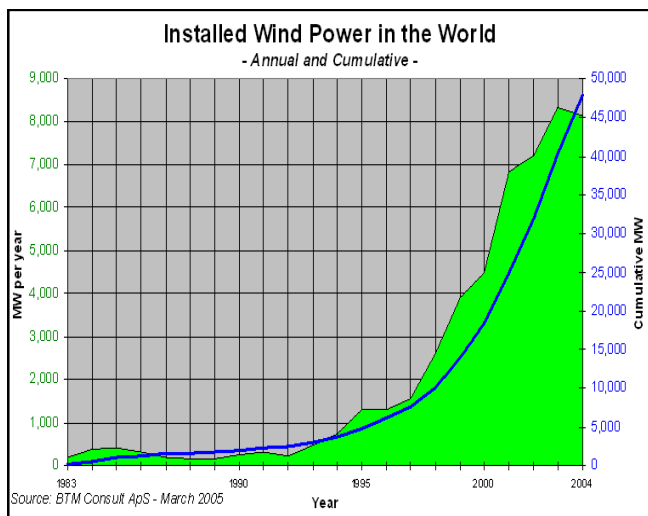


Fig. 5. Puterea instalată pe glob a turbinelor de vânt între anii 1983 și 2004.

După cum reiese din figură, puterea instalată pe glob a crescut exponențial între anii 1983 și 2004. De asemenea, în anul 2005 s-au instalat 50 GW, cu posibilitatea instalării a încă 180 GW până în anul 2010 [10].

Și în Europa puterea instalată a crescut exponențial între anii 1992 și 2004 (fig. 6). Din totalul de putere instalată, țările cu cea mai mare pondere sunt Germania (16 629 MW), Spania (8 263 MW) și Danemarca (3 117 MW).

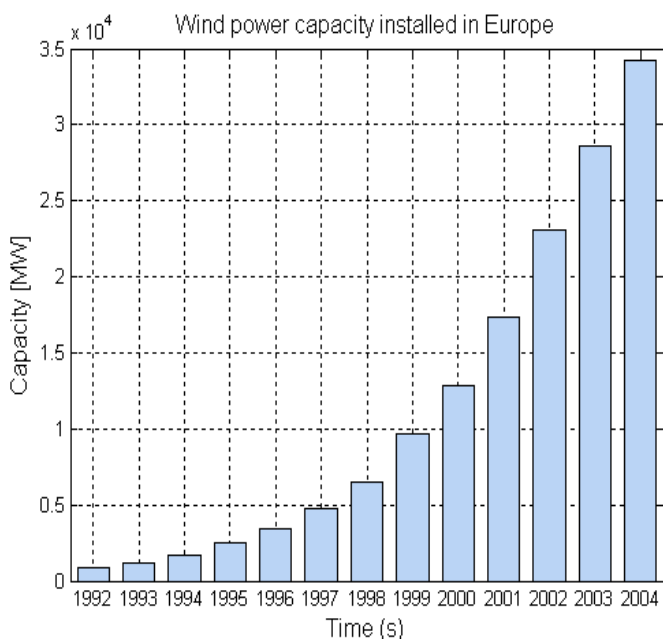


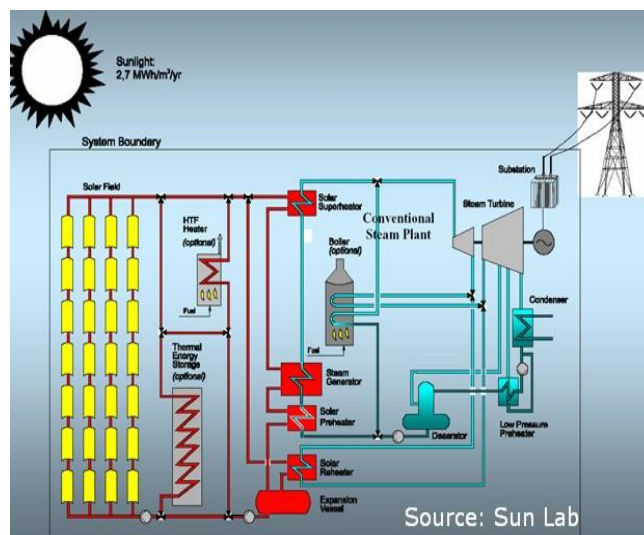
Fig. 6. Puterea instalată în Europa a turbinelor de vânt între anii 1992 și 2004 [10].

4. SISTEME DE CONVERSIE A ENERGIEI SOLARE

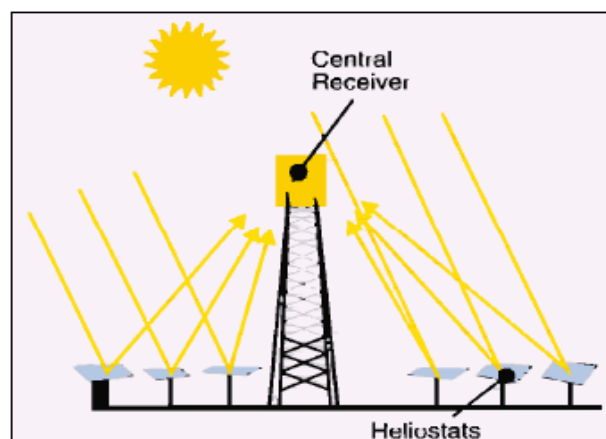
Energia solară poate fi folosită în două moduri:

- utilizând un sistem termal (caloric) pentru încălzirea directă a apei sau pentru producerea indirectă a energiei electrice, prin utilizarea unei turbine cu abur;
- utilizând sisteme solare fotovoltaice care realizează conversia radiațiilor solare în energie electrică, prin intermediul panourilor solare.

Sistemele termale cele mai eficiente de captare a energiei solare se bazează pe principiul de concentrare a energiei solare utilizând un receptor local (fig. 7, b) care transferă căldura cu ajutorul unui fluid. Acest fluid poate fi folosit pentru producerea aburilor, iar prin intermediul unei turbine cu abur se poate genera energie electrică (fig. 7, a)



a)



b)

Fig. 7. Sistem caloric pentru producerea indirectă a energiei electrice, utilizând o centrală cu aburi (a) și descrierea principiului de concentrare a energiei solare cu ajutorul unui receptor central (b) [13].

Receptorul poate fi situat în mijlocul unor panouri solare (fig. 7, b) la o înălțime de 100 m față de sol.

Sistemele fotovoltaice se bazează pe captarea razelor solare de pe o suprafață mai mare, concentrate într-o suprafață mult mai mică (1 cm²), astfel fiind posibilă utilizarea celulelor fotovoltaice. Aceste celule sunt construite astfel încât să poată fi răcite cu apă pentru a obține temperaturi mari și o eficiență de până la 38–40 % [9, 12]. Aceste sisteme fotovoltaice cu panouri solare pot fi de diferite forme, dimensiuni și puteri (de exemplu, 25 kW/850 W/m²) și pot funcționa independent (fig. 8, a) sau conectate direct la rețea (fig. 8, b).

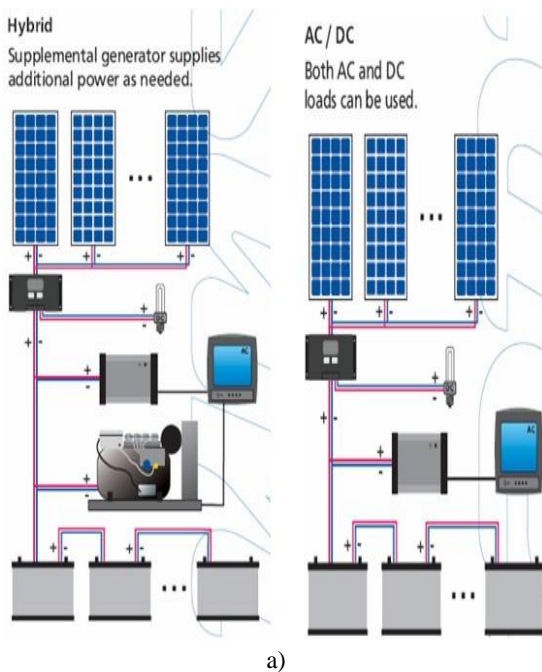


Fig. 8. Două configurații standard de sisteme fotovoltaice: a – autonome; b – conectate la rețea [9, 13].

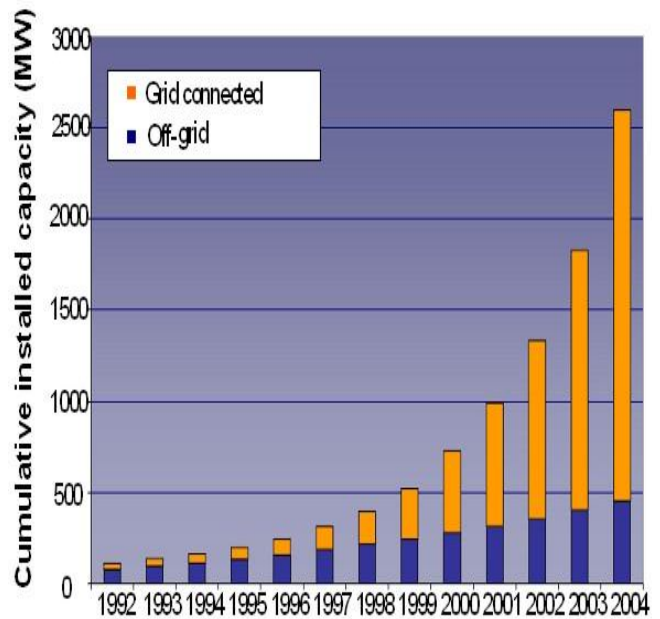


Fig. 9. Puterea totală instalată pe glob între anii 1992 și 2004 [10, 13].

Ca aplicații, pot fi utilizate pentru sateliți, mașini de curse sau pentru case de vacanță, cu acoperișul integrat sau neintegrat. Acestea din urmă au luat amploare în ultimii 5 ani, în special în Germania și în Japonia.

După cum reiese și din figura 9, puterea instalată pe glob, obținută din conversia energiei solare, între anii 1992 și 2004, a înregistrat o creștere exponențială și a fost de 2,5 GW, din totalul de 3,7 GW.

În figura 10 este prezentată repartitia puterii totale instalate pe glob până în anul 2004, utilizând sistemele fotovoltaice.

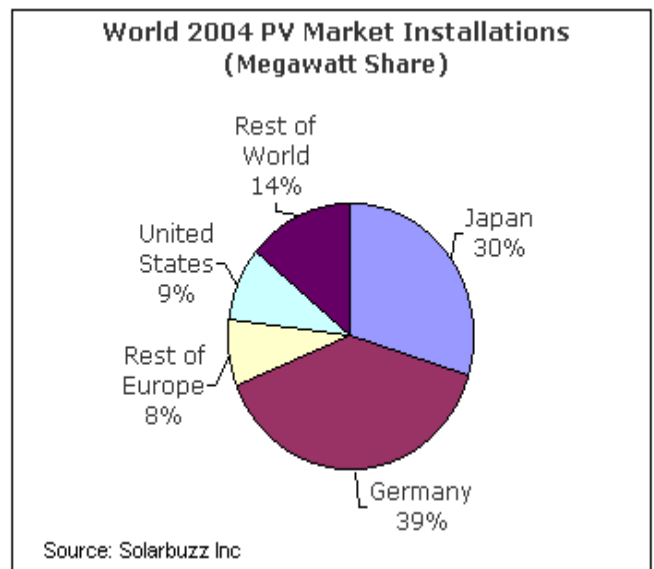


Fig. 10. Repartiția puterii totale instalate pe glob, obținută din energie solară [13].

Japonia este cel mai mare producător de panouri solare din lume și a două țară ca putere instalată, după Germania.

Prețul panourilor solare a fost estimat că va scădea la jumătate până în anul 2020, iar puterea instalată va crește cu încă 1 GW [10, 13].

5. SISTEME DE CONVERSIE A CURENȚILOR MARINI

Curenții marini produși de valurile oceanice reprezintă o sursă considerabilă de energie alternativă nepoluantă. Valurile sunt produse de vânt și pot străbate o distanță mare, fără pierderi semnificative, astfel comportându-se ca un mecanism de transport foarte eficient, pe o suprafață de mii de kilometri. Energia cinetică produsă de acești curenți este concentrată foarte aproape de suprafața apei ceea ce face din această sursă de energie una foarte puternică (concentrată), nefiind necesar un număr foarte mare de ore și zile de funcționare, ca în cazul energiei solare și eoliene.

Vestul Europei oferă numeroase locuri cu un potențial enorm de captare a acestei surse de energie, cum ar fi Anglia, Franța, Spania, Portugalia sau Norvegia. Potențialul mondial pentru această sursă de energie a fost estimat la 64 000 MW. De remarcat faptul că turbinele care produc energie electrică prin conversia curenților marini lucrează la un preț comparabil cu cel al turbinelor de vânt amplasate în mare (aprox. 5 eurocenți/kWh) [14].

Un sistem de conversie a curenților marini în energie electrică este prezentat schematic în figura 11.

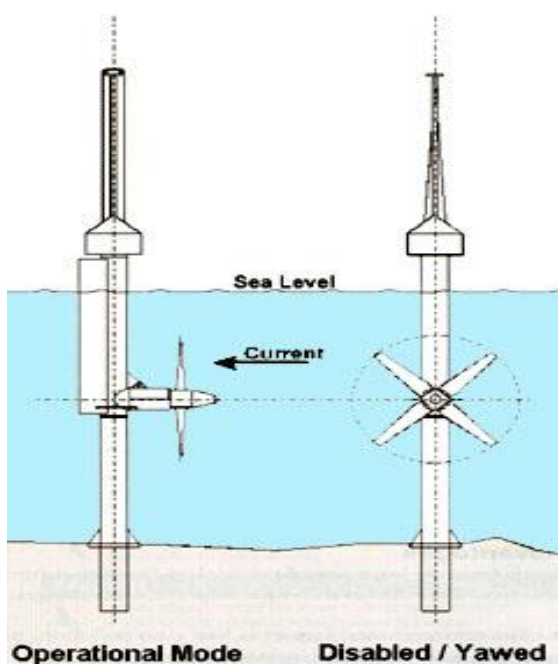


Fig. 11. Schema simplificată a unui sistem de conversie a curenților marini [14].

Avantajele acestor turbine de conversie a curenților marini față de turbinele de vânt sunt următoarele: pot prezice în proporție de 100 % apariția curenților, au eficiență mare, diametrul rotorului este mai mic la aceeași putere (15–20 m la 0,75–1,5 MW, față de 60–80 m, la aceleași puteri), nu necesită controlul pasului paletelor, iar platforma are o suprafață stabilă pentru întreținere. Ca dezavantaje pot fi menționate următoarele: poate fi exploatată ca sursă de energie maximum 10 ore pe zi, eficiența este mai mare la adâncimi mai mari (> 60 m), pot apărea probleme legate de coroziune, iar pentru întreținere, de asemenea, pot apărea probleme speciale (specifice).

6. CONCLUZII

Capacitatea totală de putere instalată în întreaga lume, până în anul 2020, ar putea fi de 6 TW.

Energia vântului a devenit ceea mai rentabilă sursă de energie (4 eurocent/kWh), în special datorită investițiilor din ultimii 10 ani în acest domeniu. În anul 2005 au fost instalate turbine de vânt având o putere instalată de 50 GW (1,3 % din totalul de putere instalată pe glob), iar până în 2020 se estimează că aceasta ar putea ajunge la 400 GW (8 % din totalul de putere instalată pe glob).

Energia solară este o sursă de energie promițătoare, cu un potențial imens. Puterea instalată până în 2005 a fost de peste 3 GW. Prețul panourilor solare se estimează că va scădea la jumătate până în 2020.

Energia oceanică este încă o sursă de energie neexploată dar cu un potențial foarte ridicat. Puterea instalată până în anul 2005 era foarte modestă, de 300 MW.

Datorită gradului de poluare, costului tot mai mare și resurselor tot mai limitate, se impune înlocuirea surselor clasice de producere a energie electrică cu diferite surse alternative regenerabile (nepoluante).

În următorii 10-15 ani se prevede o creștere semnificativă a surselor regenerabile nepoluante, iar puterea instalată a centralelor de vânt și a hidrocentralelor va crește cu până la 30 %, în timp ce energia nucleară va aduce doar o contribuție modestă care va compensa micșorarea utilizării resurselor de petrol.

BIBLIOGRAFIE

1. [***www.windpower.org/tour/wres/enrspeed.html](http://www.windpower.org/tour/wres/enrspeed.html), Guided Tour on Wind Energy, Danish Wind Industry Association.
2. [***http://www.eren.doe.gov/wind/feature.html](http://www.eren.doe.gov/wind/feature.html), Wind Energy Program-How Do Wind Turbines Work?, US Department of Energy.
3. [***www.ewea.com](http://www.ewea.com), The European Wind Energy Association.

4. **Siegfried Heier**, *Wind energy conversion systems*, book, John Wiley & Sons Inc., New York, 1998.
5. **S. Muller, M. Deicke and Rik W. De Doncker**, *Doubly Fed Induction Generator Systems for Wind Turbines*, IEEE Industry Applications Magazine, May-June 2002, pp. 26-33.
6. **L. Mihet-Popa, F. Blaabjerg and I. Boldea**, *Wind Turbine Generator Modeling and Simulation where Rotational Speed is the Controlled Variable*, IEEE-IAS Transactions on Energy Conversion, January / February 2004, Vol. 40, No. 1.
7. **L.H. Hansen, L. Helle, F. Blaabjerg, E. Ritchie, S. Munk-Nielsen, H. Bidner, P. Sorensen and B. Bak-Jensen**, *Conceptual Survey of Generators and Power Electronics for Wind Turbines*, Riso-R-1205 (EN), December 2001.
8. **L. Mihet-Popa**, *Wind Turbines using Induction Generators connected to the grid*, Ph. D Thesis (teză de doctorat), Timișoara, Octombrie 2003.
9. *** <http://www.iea-pvps.org>, IEA Photovoltaic Power Systems Programme.
10. ***www.enerdata.fr/enerdatauk/, World energy statistics databases, forecasts and analyses.
11. *** <http://www.awea.com>, The American Wind Energy Association, Wind Turbine Configurations.
12. ***www.sunlight.gr, Systems Sunlight S.A.
13. ***www.solarbuzz.com, World Solar Energy news center.
14. *** <http://energy.sourceguides.com>, Practical Ocean Energy Management Systems.