

2n Workshop TC2

Energies Alternatives



Manresa, 30 de gener de 2013

Sala d'actes de l'EPSEM

Treballs realitzats

Biomassa	Pàg. 3
A. Gutiérrez, S.Marquillas, A. Martín i C. Subirana	
Sistemes Fotovoltaics: Característiques, Components i Gestió	9
J. Marsinyach, A. Navarro, N. Peña i F. Tuneu	
Biogàs	15
N. Antonell, M. El Berrad, A. Comas, G. González i C. López	
Energia Mareomotriu	21
J. Casals, A. Ibarra, M. Izquierdo, F. Riu i S. Soler	
Sistemes de Generació d'Energia amb Aerogeneradors i Integració a la Xarxa Elèctrica	27
A. Basullas, D. Martinez, M. Otal, G. Sanchez i F. Vilardell	
Microturbines Eòliques	33
J. Bisbal, A. Fargas, J.M. Pacheco, V. Pio i M. Rivero	

Comitè Tècnic

Eduard Perramon, **Webdom**
Salvador Soler, **s3Enginyeria**

Rosa Argelaguet, departament DiPSE, UPC
Joan Bergas, departament EE, UPC
Antoni Escobet, departament DiPSE, UPC
Xavier Gamisans, departament EMRN, UPC

Organització i tutors

Jesús Vicente i Teresa Escobet

Biomassa

Adrià Gutiérrez^{#1}, Sergi Marquillas^{#2}, Adrià Martín^{#3}, Cristian Subirana^{#4}

[#]Estudis actuals Grau en Integració de Sistemes TIC

¹adriagutierrez1993@gmail.com

²sergimarquillas@gmail.com

³adriamt1@gmail.com

⁴subirana21@gmail.com

Resum— Aquest article reflecteix la recerca que s'ha portat a terme entorn la biomassa, com ha canviat la seva utilització al llarg dels anys i com ha estat el seu ús per l'ésser humà. També s'esmenten quines son les seves principals aplicacions en el mercat actual i es fa èmfasi en el paper de les TIC en aquest camp, camp per si molt extens i amb innovació constant [1].

I. INTRODUCCIÓ

El present document pretén donar una visió objectiva de la biomassa, les seves principals característiques i aplicacions en el món actual i com el món de les TIC contribueix a millorar-lo.

La biomassa ha sofert un gran progrés al llarg dels últims anys. Hi ha contribuït molts aspectes, un d'ells és el tecnològic, en el qual les TIC's hi juguen un paper important.

A nivell tecnològic, la biomassa a sofert una gran progressió al llarg dels últims anys. A nivell social, es torna a utilitzar en alguns cassos per escalfar la llar. I finalment l'economia és l'altre factor que repercuteix en l'evolució i desenvolupament de la biomassa, com en molts altres camps.

L'article s'ha estructurat de la següent forma: I Introducció, II Àmbit històric i social, III Descripció del sistema, IV Sistema elèctric, V Sistemes tic: control i monitorització, VI Conclusions i Agraïments.

II. ÀMBIT HISTÒRIC I SOCIAL

Durant la major part de la història de la humanitat, fins la revolució industrial, la biomassa i l'energia solar han estat les úniques fonts d'energia tèrmica utilitzades per l'home que l'han permès cobrir les seves necessitats bàsiques.

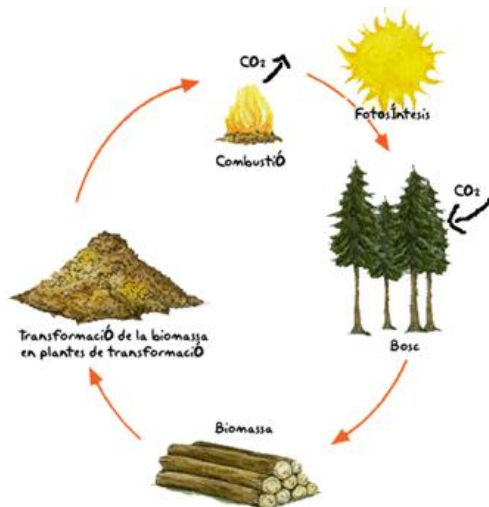


Fig. 1: cicle de l'aprofitament forestal

Al llarg del temps i fins l'arribada del carbó, en la Revolució Industrial, la biomassa ha servit per cobrir les necessitats de calor i il·luminació, tant en la vida quotidiana com en les diverses aplicacions industrials existents. A partir de la Revolució industrial la necessitat de elements amb un major poder calorífic van desplaçar la biomassa a un segon lloc fins a assolir mínims històrics. Com a dada interessant, alguns països subdesenvolupats obtenen el 90% de la seva energia de la llenya i altres biocombustibles.

Actualment la biomassa continua tenint un paper molt important com a font d'energia renovable i no contaminant, especialment en un món tant preocupat pels greus problemes mediambientals.

D'una banda l'home utilitza els anomenats residus forestals o agrícoles, que són aquells recursos que es generen directament en el camp o a la muntanya de manera dispersa, per aprofitar-ne l'energia, com podem veure en la Fig 1.

D'altra banda, ja en el nostre segle, l'home també ha après a recuperar l'energia de les deixalles domèstiques, anomenades RSU (residus sòlids urbans), les quals constitueixen un cas singular de la biomassa. Les deixalles tenen un alt contingut en matèria orgànica i altres components com ara el paper, amb un poder calorífic similar al dels carbons dolents. Actualment, amb tecnologies molt diverses, s'extreu l'energia que nosaltres hem dipositat al contenidor del carrer en forma de bossa d'escombraries. Cal no oblidar, però, que la millor estratègia d'eliminació dels residus urbans consisteix a combinar processos de recollida selectiva amb reciclatge i compostatge, i alhora limitar, com més millor les opcions d'abocament i incineració, pels problemes mediambientals que generen.([1][2])

III. DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA

A. Què és la biomassa

La paraula biomassa descriu els materials provinents de sers vius o vegetals. És a dir, tota la matèria orgànica (matèria viva) provinent de vegetals i animal obtingut de manera natural o provinent de transformacions artificials. Tota aquesta matèria es converteix en energia si hi apliquem processos químics.

L'energia de la biomassa prové en última instància del Sol. Els vegetals absorbeixen i guarden una part de l'energia solar que arriba a la terra i als animals en forma d'aliment i energia.

B. Materials de fabricació segons tipus

Segons el material de fabricació, la biomassa pot ser d'origen natural, residual seca o humida i cultius energètics.

La biomassa natural és la que es produeix en la natura sense cap intervenció humana. El problema que presenta aquest tipus de biomassa és la necessària gestió de l'adquisició i transport del recurs al lloc d'utilització. Això pot provocar que l'explotació d'aquesta biomassa sigui inviable econòmicament.

La biomassa residual seca es genera en les activitats de l'agricultura (llenya i herbes), la ramaderia, en les activitats forestals, en la indústria de la fusta i agroalimentària com es pot veure en la Fig. 2.

Es defineix com a biomassa residual humida als abocaments anomenats biodegradables, és a dir, les aigües residuals urbanes i industrials i els residus del bestiar (principalment purins).

Els cultius energètics es generen amb la única finalitat de produir biomassa transformable en combustible. Aquest cultius els podem dividir en cultius, com els cereals, oleaginoses, remolatxa i patata, i en lignocel·lulòsics (material estructural que comprèn gran part de la massa de les plantes) forestals (pollancre, salzes, etc.) o herbacis com el card *Cynara cardunculus*.

C. Conversió de biomassa en energia

Existeixen diferents formes per a transformar la biomassa en energia que es pugui aprofitar els més utilitzats són els



Fig. 2 : restes de forest

termoquímics i els bioquímics.

Els mètodes termoquímics és la manera d'utilitzar l'escalfor per a transformar la biomassa. Els materials que funcionen millor són els de menor humitat (fusta, palla, closques, etc.). S'utilitzen per a:

- Combustió: consisteix en cremar la biomassa amb molt aire (20-40% superior al teòric) a una temperatura entre 600 i 1.300°C. És el mode més bàsic per a recuperar l'energia de la biomassa, d'on surten gasos calents per produir calor i poder utilitzar-la a casa, en l'indústria i per produir electricitat.

- Piròlisi: es tracta de descompondre la biomassa utilitzant escalfor (a uns 500°C) sense oxigen. A través d'aquest procés s'obtenen gasos formats per hidrogen, òxids de carboni i hidrocarburs, líquids hidrocarbonats i residus sòlids carbonosos. Aquest procés s'utilitzava ja fa anys per a fer carbó vegetal.

- Gasificació: com a resultat de la combustió es produeixen diferents elements químics: monòxid de carboni (CO), diòxid de carboni (CO₂), hidrogen (H₂) i metà (CH₄), en quantitats diferents. La temperatura de la gasificació pot estar entre 700 i 1500 °C i l'oxigen entre un 10 i un 50%. Segons s'utilitzi aire o oxigen, es creen dos procediments de gasificació diferents. Per un costat, el gasogen o "gas pobre" i per un altre el gas de síntesi. La importància d'aquest és que pot transformar en combustibles líquids (metanol i gasolines). Per això s'estan fent grans esforços que tendeixen a millorar el procés de gasificació amb oxigen.

- Co-combustió: consisteix en la utilització de la biomassa com a combustible d'ajuda mentre es realitza la combustió de carbó a les calderes. Amb aquest procés es redueix el consum de carbó i es redueixen les emissions de CO₂.

En els mètodes bioquímics s'utilitzen diferents microorganismes que descomponen la matèria orgànica en components més simples d'alt poder calorífic. Els més comuns són:

- Fermentació alcohòlica: tècnica que consisteix en la fermentació d'hidrats de carboni que es troben en les plantes i en la qual s'aconsegueix un alcohol (etanol) que es pot utilitzar per a la indústria.

- Fermentació metànica: és la digestió anaeròbica (sense oxigen) de la biomassa, on la matèria orgànica es descompon (fermenta) i es crea el biogàs.

D. Sistemes d'aprofitament de la biomassa

Com hem descrit en l'apartat anterior, de la biomassa es poden obtenir diferents tipus d'energia.

Un d'aquests tipus és la producció d'energia tèrmica, els quals són sistemes de combustió directa. S'utilitzen per obtenir calor, que es pot utilitzar directament, per exemple, cuinar aliments o assecat productes agrícoles. També es poden aprofitar per fer vapor d'aigua per a la indústria o per generar electricitat. L'inconvenient, no obstant això, és la contaminació.

Un altre tipus de producció d'energia és la producció de biogàs en el qual la finalitat és aconseguir combustible, principalment el metà, molt útil per a aplicacions tèrmiques per al sector ramader o agrícola, subministrant electricitat i calor.

També trobem la producció de biocombustibles com a tipus de producció d'energia, el qual és una alternativa als combustibles tradicionals del transport i tenen un grau de desenvolupament desigual en els diferents països.

I per últim trobem la producció d'energia elèctrica: L'electricitat es pot produir per combustió o gasificació i es poden obtenir potències de fins a 50MW.

Existeixen dos tipus de biocombustibles:

- Bioetanol: substitueix la gasolina. En el cas de l'etanol, i quant a la producció de matèria primera, actualment s'obté de cultius tradicionals com el cereal, el blat de moro i la remolatxa.

- Biodièsel: la seva principal aplicació va dirigida a la substitució del gasoil. En un futur servirà per a varietats orientades a afavorir les qualitats de producció d'energia.

E. Què és una central de biomassa?

És una instal·lació industrial dissenyada per a generar energia elèctrica a partir de recursos biològics. Així doncs, les centrals de biomassa utilitzen fonts renovables per a la producció d'energia elèctrica.

El procés de funcionament d'una central elèctrica de biomassa és el següent:

En primer lloc, el combustible principal de la instal·lació i els residus forestals s'emmagatzemen en la central. Allà es tracten per a reduir la seva grandària, si fos necessari.



Fig. 3 : part d'una central tèrmica

A continuació, es transporta a un edifici de preparació del combustible, on és classificat en funció de la seva grandària i finalment és portat al corresponent magatzem.

Seguidament són conduïts a la caldera per a la seva combustió.

L'aigua que circula per les canonades de la caldera prové del tanc d'alimentació, on es pre-calenta mitjançant l'intercanvi de calor amb els gasos de combustió encara més lents que apareixen provinents de la pròpia caldera.

De la mateixa manera que es fa en altres centrals tèrmiques convencionals, el vapor generat a la caldera va cap a la turbina de vapor que està unida al generador elèctric, on és produït l'energia elèctrica que és transportada a través de les línies corresponents.

El vapor d'aigua és convertit en líquid en el condensador, i d'aquí és novament enviat al tanc d'alimentació tancant-ne així el circuit principal aigua-vapor de la central[3] com es pot veure en la Fig. 3.

IV. SISTEMA ELÈCTRIC

A. Formes d'obtenir electricitat

Actualment, l'obtenció d'energia a partir de la biomassa s'ha convertit en una realitat palpable, tal i com es pot observar en les nombroses indústries que utilitzen aquest combustible i que han nascut en els últims anys com a conseqüència de l'esgotament dels recursos fòssils i de la necessitat de buscar una solució a la política energètica per a satisfer les necessitats de les futures generacions. Hi ha dues formes de produir electricitat amb la biomassa[4]:

La primera seria a partir de la combustió de diferents tipus de biomassa, amb el que s'aconsegueix vapor d'aigua que s'utilitza per a la producció d'energia elèctrica mitjançant una turbina.

L'altra forma és transformant la biomassa en gas, és a dir, el biogàs, que s'utilitza per produir l'electricitat mitjançant un motor o turbines de gas.

B. Combustió

La biomassa són compostos orgànics produïts en processos naturals. Aquests compostos es transporten a la central de

biomassa i es cremen per escalfar aigua. Es produeix vapor a alta pressió que mou una turbina i aquesta mou el generador que produirà l'energia elèctrica.

D'aquest procés obtenim energia elèctrica i aigua calenta que pot ser utilitzada en els edificis propers.

El més ideal és tenir la central de biomassa propera a la zona de producció de processos industrials agraris i forestals[5].

C. Biogàs

Pels tractaments biològics obtenim l'anomenat biogàs. El biogàs és un combustible gasós, format principalment per metà i diòxid de carboni, que s'obté a partir de la degradació biològica de la matèria orgànica en absència d'oxigen (digestió anaeròbia).

El biogàs es pot generar a partir de residus d'instal·lacions agroramaderes, de fangs generats a Estacions Depuradores d'Aigües Residuals (EDAR) i de la fracció orgànica de Residus Sòlids Urbans (RSU).

El contingut en metà del biogàs possibilita el seu ús com a font d'energia per aplicacions amb tecnologies que utilitzen com a combustible el gas natural. Per això per produir electricitat s'utilitzen turbines de gas.

Hi ha tres sistemes de producció d'energia elèctrica que poden tenir el biogàs com a combustible:

- Les centrals elèctriques clàssiques, que generen electricitat mitjançant un sistema caldera-turbina de vapor amb un rendiment global aproximat d'un 30-35%.

- Les centrals de cogeneració termoelèctrica, en les quals s'obté calor i electricitat tot aprofitant aquesta calor produïda pels motors o les calderes de combustió per a usos finals. La calor produïda serveix per generar calefacció i aire condicionat o per escalfar aigua calenta sanitària mentre que l'electricitat es consumeix o s'envia a la xarxa elèctrica general. El seu rendiment elèctric depèn de la tecnologia utilitzada, però pot oscil·lar entre el 30 i el 40%, mentre que el rendiment tèrmic està al voltant del 55%.

- Les centrals de cicle combinat (CCGT), que combinen una turbina de gas i una turbina de vapor i tenen un rendiment global aproximat d'un 50-55% respecte de l'energia primària[6].

D. Centrals de biomassa

Les parts principals d'una central de combustió de biomassa, que es poden observar en la Fig. 5, són:

- Caldera. En aquest espai l'aigua es transforma en vapor, canviant el seu estat. Aquesta acció es produeix gràcies a la combustió del biogàs o els tipus de biomassa amb el que es generen gasos a molt alta temperatura que a quan entra en contacte amb l'aigua líquida la converteixen en vapor.

- L'aigua que es transforma en vapor circula per unes canonades anomenades serpentins, on es produeix l'intercanvi de calor entre els gasos de la combustió i l'aigua.

- Turbina de vapor. Màquina que recull el vapor d'aigua i que, gràcies a un complexa sistema de pressions i temperatures, aconseguix que es mogui l'eix que el travessa. Aquesta turbina normalment té varis cossos, d'alta, mitjana i baixa pressió, per aprofitar al màxim el vapor d'aigua. L'eix que travessa els diferents cossos està connectat amb el generador.

- Generador. Màquina que recull l'energia mecànica generada a l'eix que travessa la turbina i la transforma en elèctrica mitjançant inducció electromagnètica. Les centrals elèctriques transformen l'energia mecànica de l'eix en una corrent elèctrica trifàsica i alterna[7].

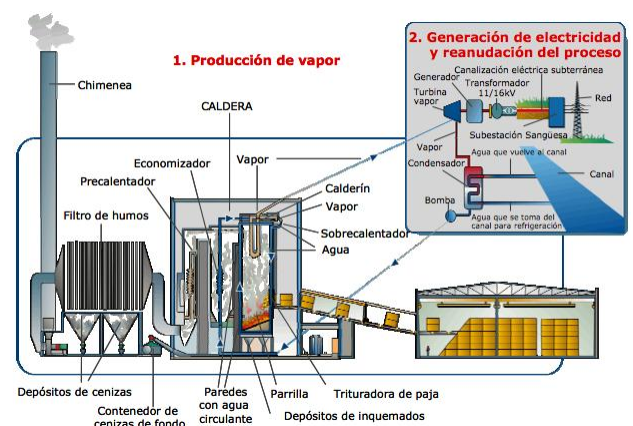


Fig. 5: descripció gràfica d'una central de combustió de biomassa

V. SISTEMES TIC: CONTROL I MONITORITZACIÓ

Actualment les TIC s'usen per al control i la monitorització de diferents variables de la biomassa.

Les podem trobar tant en l'àmbit domèstic com en l'àmbit industrial, tot i que en els dos àmbits es bastant semblant la seva utilització.

En les calderes de biomassa tant industrials com domèstiques trobem les TIC en sistemes per gestionar l'arrancada, en sistemes de bloqueig del motor i en sistemes d'interconnexió amb l'usuari.

En els sistemes de calefacció per biomassa trobem les TIC per realitzar el control de la temperatura ambient i per gestionar el funcionament de la calefacció. Quan s'obté la temperatura desitjada, aquests sistemes aturen la calefacció per tal d'estalviar, per tant la implementació de les TIC en aquests sistemes serveixen per a estalviar recursos a l'usuari.

O sigui, la TIC en relació amb la biomassa, serveixen per a gestionar l'arrancada i l'aturada de la combustió de biomassa, tant per seguretat com per que s'ha obtingut el resultat desitjat.

A part, també trobem les TIC en la interacció de l'usuari amb aquests sistemes, i així millorar el control.

VI. CONCLUSIONS

Al principi ens va costar arrancar amb el tema designat, ja que no hi trobàvem cap relació amb els estudis que estàvem duent a terme, però un cop vam tenir l'oportunitat de poder llegir articles sobre el tema vam poder observar que una de les grans virtuts de les TIC és la seva capacitat de adaptació a qualsevol camp de l'actualitat, tot i que per exemple en la biomassa el seu nivell de incisió es menor que en altres camps molt més potent tecnològicament parlant però aquest fet no treu que no haguem pogut descobrir noves i fins a cert punt revolucionàries implementacions fins ara desconegudes.

En general, crec que aquest Workshop ens ha servit per veure que les TIC no es limiten a les noves tecnologies, sinó a qualsevol àmbit, fins i tot si es tracta d'àmbits antics i merament clàssics.

La realització d'aquest Workshop ens ha permès endinsar-nos en el món de l'aprofitament de la biomassa com ha combustible orgànic i menys perjudicial pel medi ambient.

AGRAÏMENTS

Agraïments al Jesús i a la Teresa per les seves indicacions durant tot el Workshop, durant la seva realització i en la cerca de la informació necessària tant com a tota la gent que ha fet accessible la informació per poder realitzar aquest article.

REFERÈNCIES

- [1] (2012). Miliarium [ONLINE]. Aavailable: <http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/Energia/EnergiasRenovables/Biomasa/Welcome.asp>
- [2] (2012). EPEC: Energía renovable. La Biomassa. Aavailable: <http://4dlab.info/energia/energia-energia-renovable-la-biomasa.pdf>
- [3] (2012). Endesaeduca. [ONLINE]. Aavailable: http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/xiv.-las-centrales-de-biomasa
- [4] (2010) Biomasa en España. [ONLINE]. Aavailable: <http://www.xn--biomasaenespaa-2nb.es/Plantas-de-biomasa-en-Espana/3>
- [5] (2009) Funcionamiento de una central de biomasa. [ONLINE]. Aavailable: <http://www.renovables-energia.com/2009/02/funcionamiento-de-una-central-de-biomasa/>
- [6] (2008) Informació del biogàs. [ONLINE]. Aavailable: <http://www20.gencat.cat/portal/site/icaen/menuitem.897a4be85d3b580ec644968bb0c0e1a0/?vgnextoid=ceb84d9df5f3d110VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextchannel=ceb84d9df5f3d110VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextfmt=default>
- [7] (2010) Centrales térmicas convencionales. [ONLINE]. Aavailable: http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/viii.-las-centrales-termicas-convencionales

Sistemes Fotovoltaics: Característiques, Components i Gestió

Jaume Marsinyach, Adrià Navarro, Noel Peña i Ferran Tuneu

Segon curs d'Enginyeria d'integració en sistemes TIC

jaume.marsi@gmail.com
adrianaavarro93@hotmail.com
noelpb9@gmail.com
ferritudi@hotmail.com

Resum— Aquest article està relacionat amb l'energia solar fotovoltaica on hi trobarem tot d'aspectes relacionats amb aquesta: les seves característiques, components, la seva evolució, connexió, construcció i monitorització.

I. INTRODUCCIÓ

En aquest article hem aprofundit en les característiques més tècniques de l'energia solar fotovoltaica. En primer lloc parlem de la seva evolució on queda demostrat que, a mesura que la tecnologia ha anat avançant desenvolupant materials més eficients, la seva utilització ha augmentat.

Seguidament hem estudiat els components que formen part d'una instal·lació fotovoltaica, on hem descobert que podem trobar-hi dos tipus d'instal·lacions, les autònomes i les connectades a xarxa.

A continuació es descriu el com es genera el corrent elèctric, es fa una descripció dels elements d'un panell fotovoltaic i s'anomenen algunes aplicacions, com poden ser els sistemes d'autoconsum i la recarrega de vehicles.

Finalment en control i monitorització es comenta breument el paper de les TIC en els sistemes fotovoltaics.

II. HISTÒRIA DE L'ENERGIA SOLAR

Ens remuntem al 1839, any en què el físic Alexandre-Edmond Becquerel es reconeix per primer cop l'efecte fotovoltaic. Això va ser gràcies als seus estudis previs en magnetisme, electricitat i òptica.

No va ser ell l'inventor de la primera cel·la, sinó W.G.Adams (professor de filosofia natural al King Collage de Londres) i el seu alumne R. Evans al 1877. Aquesta estava feta de Seleni, material pel qual pocs anys abans s'havia descobert l'efecte fotovoltaic en sòlids.[4]

En aquells temps no era factible pensar en una aplicació pràctica degut als baixos rendiments que oferia. No va ser fins a principis de segle XX quan Einstein treu les seves teories sobre l'efecte fotoelèctric que anys més tard li valdrien el Nobel.

La possibilitat de la primera aplicació pràctica va arribar al 1954 de la mà dels investigadors de Bell Laboratories, de Nova Jersey. Experimentant electrònicament amb Silici troben per accident que una cel·la fotovoltaica d'aquest material resultava molt més eficient que qualsevol feta de Seleni. Aquest és l'inici de les plaques com a proveïdores d'energia.

Un dels àmbits on va tenir més incidència és en el sector aeroespacial. Al 1958 es va llançar el primer satèl·lit alimentat amb energia solar fotovoltaica. Si bé no gaudia

de molta potència, amb els anys aquest precedent va cobrar molta importància (Fig. 1).

Un dels grans impulsos que ha rebut aquest tipus d'energia (i la resta de renovables) el trobem en la crisi que el petroli va tenir l'any 1973. Aquest fet va provocar un pronunciat augment en la consideració de molts usuaris d'informar-se sobre aquesta manera d'aconseguir energia que es trobava a l'alça.

Paral·lelament a aquest fet, el doctor Berman (EXXON) va aconseguir crear una cel·la solar molt més barata, que reduïa el cost per Watt de 100 a 20 dòlars. Aquesta rebaixa dels costos va fer possible que els panells fotovoltaics comencessin a ser econòmicament viables en instal·lacions aïllades de la xarxa elèctrica, ja que era més barat que desplegar tota una línia de cablejat o que el manteniment periòdic de bateries. [3]

Les aplicacions pràctiques van començar a multiplicar-se: repetidors de sistemes de telecomunicacions, il·luminació de fars i boies marines, electricitat per evitar la corrosió d'oleoductes i gasoductes, sistemes d'il·luminació de línies fèrries...

A partir dels anys 80 van sorgir iniciatives per electrificar pobles empobrits que els sortia excessivament car el model elèctric dels països rics (principalment per la dispersió dels habitants). Així, mica en mica, van anar substituint els generadors de querosè, donat que no es precisava un cost tan elevat en el manteniment i dependència amb l'exterior. També a partir dels 80 trobem les primeres cases amb electrificació fotovoltaica en països desenvolupats.

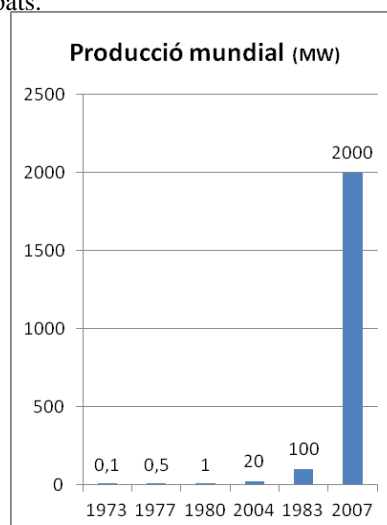


Fig. 1 Gràfic de la producció mundial en MW

III. ELS COMPONENTS DELS SISTEMES FOTOVOLTAICS

Els components d'una instal·lació fotovoltaica, tal i com es mostra en la figura 2 depèn del tipus de sistema emprat, que pot ser autònom o connectat a la xarxa. En el cas dels sistemes autònoms, els components bàsics són: mòduls fotovoltaics, regulador de càrrega, acumuladors i l'inversor [17].

En el cas dels sistemes connectats a la xarxa de distribució, no es necessita cap acumulador, donat que l'electricitat (la totalitat o bé els excedents) és lliurada a la xarxa mateixa en comptes de ser emmagatzemada, així com tampoc és necessari el regulador de càrrega. Per tant, els components bàsics dels sistemes connectats a la xarxa són: mòduls fotovoltaics, inversor, elements de connexió de la xarxa elèctrica [15].

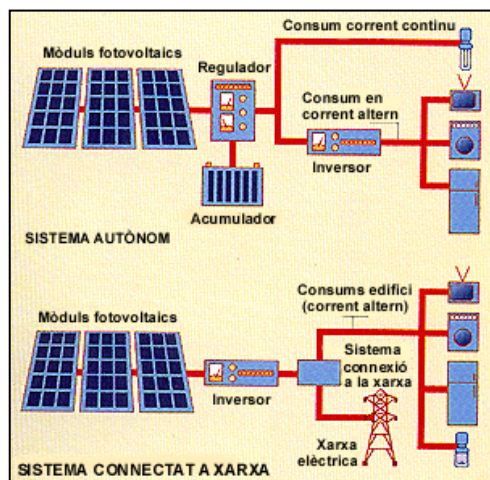


Fig. 2 Esquema de sistema autònom i connectat a xarxa

A. Components dels sistemes autònoms [11]

1) *Mòduls fotovoltaics*: Els mòduls fotovoltaics estan dissenyats per suportar les condicions que es donen a l'aire lliure i per poder formar part de l'exterior l'edifici. La seva vida útil s'estima al voltant dels 25-30 anys.

Els mòduls fotovoltaics produeixen electricitat en forma de corrent continu i solen tenir entre 20 i 40 cèl·lules, tot i que són usals els mòduls de 36 cèl·lules per tal d'assolir els volts necessaris per a la càrrega de les bateries (12V).

2) *El regulador de càrrega*: Un sistema de regulació és necessari a la gran majoria de les instal·lacions autònoms. El regulador de càrrega serveix per protegir els acumuladors contra la sobrecàrrega i la descàrrega excessiva. En el primer cas posa les plaques en curt circuit i talla el pas de corrent cap als acumuladors i en el segon cas talla el subministrament i avisa mitjançant una alarma que la tensió és pròpera als nivells mínims de seguretat.

3) *L'acumulador*: Els acumuladors elèctrics són necessaris per adequar-se a la demanda d'energia, que pot variar per la nit, en moments de poca insolació i a la

producció solar d'energia, que pot canviar al llarg de l'any i que depèn de les condicions climàtiques.

Es fan servir acumuladors elèctrics, ja que es tracta del sistema més eficient i econòmic què es disposa. Es tracta normalment de bateries estacionàries amb llargs períodes de descàrrega, que són les que millor s'adapten al règim de funcionament dels sistemes fotovoltaics. És important assenyalar que la majoria dels acumuladors poden quedar seriosament danyats si es descarreguen completament, perdent gran part de la seva capacitat de càrrega. Generalment, la capacitat dels acumuladors sol referir-se a temps de descàrrega de 100 hores.

Cal considerar la possibilitat d'optar per un tipus d'acumulador o una altre, en funció de les característiques de la instal·lació i de la despesa que es vulgui realitzar. Existeixen, així, diferents tipus d'acumuladors segons la seva composició

4) *Inversor*: Es tracta d'un component imprescindible en tota instal·lació fotovoltaica, i serveix per a l'adaptació a les característiques del corrent demanat. La seva missió fonamental és, en general, transformar el corrent continu (12 V, 24 V, 48 V) que generen les plaques, en corrent altern. Això és necessari no tan sols en els casos en que es vulgui subministrar electricitat a la xarxa, sinó també per a l'autoconsum.

B. Components del sistema connectat a la xarxa

1) *Mòduls fotovoltaics*: Les plaques fotovoltaïques emprades en sistemes connectats a la xarxa no són diferents de les emprades per sistemes autònoms.

2) *Inversor*: L'inversor emprat en els sistemes connectats a la xarxa és normalment de major potència i inclou controls de fase per adequar el corrent altern produït a la fase de l'energia de la xarxa. L'eficiència dels convertidors no és del 100%, donat que una part de l'energia es dissipa en forma de calor.

La determinació de l'inversor a utilitzar s'haurà de realitzar en funció de les característiques de la demanda. Existeixen al mercat molts tipus diferents, amb graus molt variables de complexitat i sofisticació.

3) *Elements de connexió a la xarxa elèctrica*: Les instal·lacions solars fotovoltaïques connectades a xarxa, d'acord amb la normativa vigent, han d'incorporar una sèrie d'elements (alguns d'ells s'incorporen directament a l'inversor) que assegurin la seguretat, tant per les persones com per mantenir el nivell de qualitat de la xarxa elèctrica.

Han d'existir interruptors automàtics i manuals que assegurin la desconexió de la instal·lació en el cas d'una avaria a la xarxa elèctrica convencional.

D'altra banda, calen comptadors en dos sentits: de l'energia elèctrica produïda pels mòduls i venuda a la xarxa elèctrica, i de l'energia elèctrica comprada a la xarxa pel consum propi de l'edifici [16].

IV. SISTEMES FOTOVOLTAICS

A. Generació de corrent:

En quan a sistemes fotovoltaics podríem contemplar com captem l'energia, és a dir, de quina manera obtenim aquesta energia del sol mitjançant un sistema elèctric.

En primer lloc els panells fotovoltaics estan formats per un conjunt de cèl·lules fotovoltaïques que produeixen electricitat a partir de la llum solar que incideix en ells.

Per classificar aquesta potència tenim la potència pic, que correspon a la potència màxima que es pot produir.

Per a generar electricitat a partir de l'energia provinent del sol intervenen diversos factors com els materials amb què està fet la placa, principis físics com la fotogeneració de portadors de carga, la separació dels portadors de carga, la unió P-N... [10]

Però el que ens interessa en aquest aspecte del sistema elèctric és la generació de corrent en una placa convencional.

Per generar el corrent en la placa es du a terme l'efecte fotoelèctric, que no és res més que en cada cèl·lula fotovoltaica composta per dos lamines de silici, una carregada positivament i l'altre negativament. Això fa que aquells fotons provinents de la llum del sol, incideixen sobre aquestes làmines carregades positivament (P) i fan que s'alliberin electrons que travessen el semiconductor tot no permetent-ne el seu retorn.

Per tan obtenim que les làmines carregades negativament (N) obtenen una diferència de potencial respecte P. Aprofitant aquesta diferència de potencial (ddp) connectem un conductor elèctric que alhora el connectem amb una resistència/element que consumeixi energia i aquí es produeix el que anomenem corrent elèctric contínua.

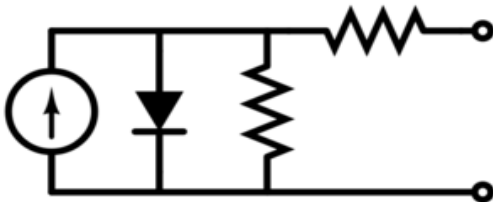


Fig. 3 Esquema elèctric placa fotovoltaica

B. Elements d'un panell fotovoltaic:

La placa fotovoltaica està formada per un conjunt de cèl·lules fotovoltaïques que produeixen electricitat a partir de la llum solar incident sobre ells. Aquestes cèl·lules generalment es componen de silici, lingots d'alta puresa llescats en forma de plaques primes en forma de disc, és a dir, en forma d'òbvia impregnades d'àtoms de fòsfor i àtoms de bor (Fig.4).

1)Parts de la placa:

- 1 - Marc reforçat
- 2 - Caixa de connexions
- 3 - Etiqueta identificativa
- 4 - Encapsulat de les cèl·lules
- 5 - Cèl·lules solars
- 6 - Vidre de protecció

7 - Barres de distribució elèctrica

8 - Separació entre cèl·lules i marc

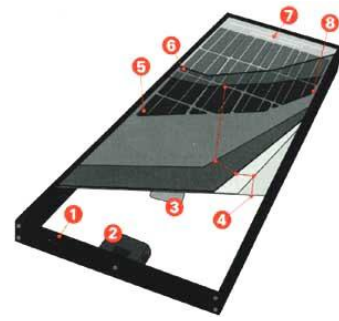


Fig. 4 Parts d'una placa fotovoltaica

1-Marc de suport de tots els elements constitutius d l'estructura de cèl·lules fotovoltaïques.

2-Caixa hermètica, amb les terminacions elèctriques de les cèl·lules fotovoltaïques en borns de connexió per al circuit elèctric d'interconnexió amb altres plaques o be de tensió cap als circuits de carga.

3-Indicació de les característiques del mòdul.

4-Material protector de les cèl·lules a d'intempèrie.

5-Cel·lules fotovoltaïques per a la producció d'energia energia elèctrica.

6-Vidre trempat de baix contingut en ferro per a la protecció contra impactes i les inclemències del temps.

7.Barres d'interconnexió elèctric entre les cèl·lules fotovoltaïques.

4 generacions de plaques fotovoltaïques:

- La primera generació de cèl·lules fotovoltaïques consistien en una gran superfície de vidre simple. Una simple capa amb unió díode pn, capaç de generar energia elèctrica a partir de fonts de llum amb longituds d'ona similars a les que arriben a la superfície de la Terra. Aquestes cèl·lules estan fabricades, usualment, usant un procés de difusió amb òblies de silici.
- La segona generació de materials fotovoltaïcs es basen en l'ús de dipòsits epitaxials, és a dir, a partir d'una cara d'un cristall de material semiconductor es fa créixer una capa uniforme i de poc gruix amb la mateixa estructura cristal·lina que aquest, sobre les òblies. les espacials i les terrestres. N'hi ha de dos tipus: les espacials i les

terrestres, les cèl·lules espacials, usualment, tenen eficiències més altes més altes, ja que les terrestres tenen pel·lícules més primes per reduir-ne el cost.

- La tercera generació de cèl·lules fotovoltaïques que s'estan proposant en l'actualitat (2007) són molt diferents dels dispositius semiconductors de les generacions anteriors, ja que realment no presenten la tradicional unió pn per separar els portadors de càrrega fotogenerats. Per a les aplicacions espacials, incorporen nanotubs de carboni, amb un potencial de més del 45% d'eficiència, per les terrestres cèl·lules solars de polímers, s'utilitzen cèl·lules solars de nanocristalls i cèl·lules solars de tintes sensibilitzades.
- La quarta generació de cèl·lules solars que encara no existeix però que en un futur consistiria en una tecnologia fotovoltaïca composta en què es barregen, conjuntament, nanopartícules amb polímers per fabricar una capa simple multiespectral. Posteriorment, diverses capes primes multiespectrals es podrien apilar per fabricar les cèl·lules solars multiespectrals definitives[1].

C. Aplicacions:

Per altra banda és interessant tenir en compte els usos que els hi podem donar a les plaques fotovoltaïques, de quines maneres obtenim o produïm o distribuïm l'energia.

De les aplicacions que podem treure de la generació d'aquest corrent en les plaques fotovoltaïques obtenim: [2]

- Connexió a la xarxa.
- Sistemes d'autoconsum.
- Estacions repetidores de microones com la radio.
- Electrificació de petits nuclis poblats.
- Sistemes de comunicació d'emergència .
- Sistemes de vigilància de dades ambientals i qualitat de l'aigua.
- Elements marítims com els fars.
- Bombeig per sistemes de reg en àrees rurals.
- Sistemes de protecció catòdica.
- Sistemes de dessalinització.
- Senyalització ferroviària.
- Sistemes per carregar els acumuladors dels vaixells.
- Fonts d'energia per naus espacials.
- Telèfons d'emergència en la carretera (SOS).
- Parquímetres o elements que es puguin trobar a la carretera.
- Recarrega de vehicles elèctrics.

V. SISTEMES TIC: CONTROL I MONITORITZACIÓ

Una possible introducció de les TIC seria comprovar l'estat dels inversors solars que componen una central fotovoltaïca de manera constant, avisant mitjançant sms o e-mail qualsevol tipus d'error o incidència.

També es pot monitoritzar l'estat de les plaques i consultar la producció de la central mitjançant pantalles per visualitzar l'estat de tots els inversors solars connectats també es pot comprovar l'estat de la central a través d'un portal web o una aplicació per smartphones.

També es pot monitoritzar un camp de plaques solars amb una sèrie d'aplicacions situades en un servidor a la pròpia central, les quals enviaran constantment l'estat i els històric de producció desant les dades en una base de dades . La monitorització, però, també pot ser remota, on en comptes d'emmagatzemar les dades en el mateix camp, les transmeti remotament a través d'una xarxa wifi i es processin en una altre servidor.

En el portal web podríem consultar la producció actual l'estat de les plaques l'evolució i el rendiment que ofereixen en aquell mateix moment.

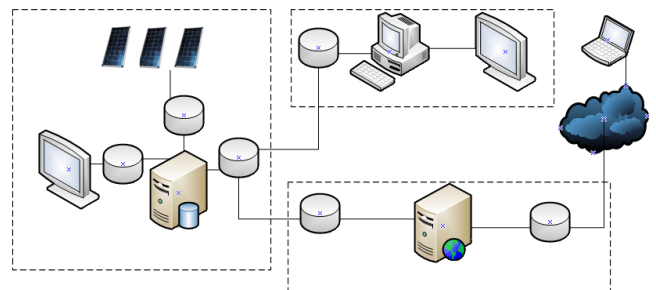


Fig. 5 Esquema de monitorització

A partir de la informació rebuda dels inversors es pot desenvolupar un software que dinamitzi la orientació de les plaques per a optimitzar-ne el rendiment en funció de diferents variables com podria ser-ho la inclinació de les plaques per estar al màxim perpendicular possibles als rajos del sol, i captar-ne el màxim.

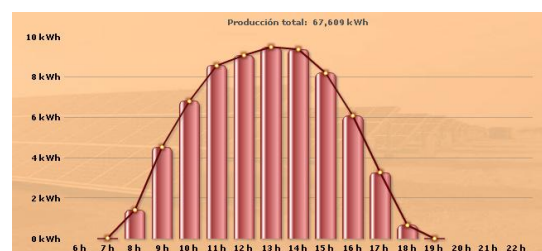


Fig. 6 Exemple de monitorització de recopilació de dades

VI. CONCLUSIONS

En resum d'aquest article en podem treure bastants conclusions.

Primerament que les plaques fotovoltaïques no paren d'evolucionar, d'aquesta manera es va millorant en eficiència.

D'altra banda ens ha servit per entendre l'energia fotovoltaica ja que en coneixíem la seva existència però no el funcionament en detall.

A l'anar analitzant els sistemes fotovoltaics en diferents aspectes hem pogut aprendre des de com està estructurada la placa, a com es transforma en energia elèctrica i d'aquí a aprofitar-la per a diferents àmbits com és l'autoconsum a la connexió a la xarxa.

Finalment hem estudiat com la nostra carrera relacionada amb les TIC pot arribar a influir en els sistemes fotovoltaics i la seva monitorització. Aquest punt és molt important ja que mitjançant aquestes noves tecnologies es pot controlar tot un sistema complex de manera molt senzilla, per exemple des de casa.

REFERÈNCIES

- [1] Panells solars [En línia]. Web.
http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2009/10/15/188572.php
- [2] Aplicacions energia solar fotovoltaica [En línia]. Web.
<http://www.sitiosolar.com/Energia%20solar%20fotovoltaica.htm>
- [3] Història energia solar fotovoltaica. [En línia] Web, PDF.
<http://campossolarescoag.com/docs/Historia-de-la-energia-sola.pdf>
- [4] Historia energia solar fotovoltaica. [En línia] Web, PDF.
<http://www.sitiosolar.com/La%20historia%20de%20la%20energia%20solar%20fotovoltaica.htm>
- [5] Com funciona l'energia solar. [En línia] Web.
<http://www.energy-spain.com/energia-solar/animacion-energia-solar>
- [6] Com funciona una central fotovoltaica?
<http://tecnologianivel2.blogspot.com.es/2012/05/como-funciona-una-central-solar.html>
- [7] L'efecte fotoelèctric. [En línia] Web.
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm>
- [8] Preu fotovoltaica. [En línia] Web.
<http://blogs.elpais.com/eco-lab/2011/12/cuando-las-placas-fotovoltaicas-son-mas-baratas-que-la-red-electrica.html>
- [9] Energia solar fotovoltaica. [En línia] Web.
<http://www.solarweb.net/>
- [10] Unió P-N
<http://personales.upv.es/jquiles/prffi/semi/ayuda/hlppn.htm>
- [11] Components sistemes fotovoltaics. [En línia] Web
http://www.coac.net/mediambiente/renovables/energia_solar_fotovoltaica/els_components.htm
- [12] Autoconsum amb energia solar fotovoltaica [En línia] Web, PDF.
http://sud.es/public/assets/Pagina_151/CAS_REAL_Autoconsum.pdf
- [13] Elements d'uns instal·lació [En línia] Web.
<http://www.xtec.cat/~ptrilla/fotovoltaica/index.htm>
- [14] Components d'un panell

<http://www.elinte.net/paginag.htm>

[15] De Juana Sardón, J.M^a. (2003). *Energías Renovables para el desarrollo.Madrid:Thomson Paraninfo.*

[16] Ortega Rodríguez, M. (2006). *Energías renovables: Thomson Paraninfo.*

[17] Creus Solé, A. (2004). *Energías renovables: Cano Pina, S.L*

BIOGÀS

Nil Antonell^{#1}, Mouhssen El Berrad^{#2}, Arnau Comas^{#3}, Genís González^{#4}, Carles López^{#5}

[#]Estudis actuals: Segon curs d'Enginyeria Sistemes TIC

¹nil.antonell@estudiant.upc.edu

²mouhssen.el.berrad@estudiant.upc.edu

³arnau.comas.codina@estudiant.upc.edu

⁴genis.gonzalez@estudiant.upc.edu

⁵carles.lopez.magem@estudiant.upc.edu

Resum- En aquest article ens plantegem la utilitat del biogàs per tal de generar energia elèctrica i tèrmica i el suport que poden donar les TIC a la seva obtenció. Per començar, s'inclou una introducció on s'hi troba una definició del biogàs i un resum de la seva història. A continuació, es fa referència a l'obtenció del biogàs, origen d'aquest i els processos a seguir per obtenir-lo. Per altra banda, també es menciona els materials que es fan servir per la fabricació de la instal·lació d'una planta de biogàs. Finalment, també s'expliquen les aplicacions a nivell general i al camp de les TIC.

I. INTRODUCCIÓ

El biogàs és un gas combustible format principalment per metà i diòxid de carboni i que s'obté per descomposició anaeròbica (en absència d'aire) de la matèria orgànica.

Les primeres mencions escrites sobre biogàs són a inicis del segle XVI, a on diversos científics el descriuen com un gas provinent de la descomposició de la matèria orgànica. Cal dir que els xinesos i hindús són els precursors dels digestors que avui coneixem com biodigestors (sistemes de producció de biogàs). El primer biodigestor es va construir a la Índia l'any 1890 i, com a dada curiosa, citar que el 1896 el biogàs s'utilitza per primera vegada per fer funcionar l'enllumenat públic d'una localitat anglesa.

En acabar les guerres mundials, el biogàs comença a ser explotat industrialment a Europa, i és la font principal d'energia en els sectors rurals, sobretot a la Xina i l'Índia. S'utilitza com a combustible per a tractors i automòbils, es creen xarxes per a la distribució de gas i tancs d'emmagatzematge. Aquest creixement però, va quedar tallat per la irrupció al món del petroli i els combustibles fòssils. No és fins a principis del segle XXI que es comença a reprendre el seu ús.

Els darrers 30 anys, han estat molt importants pel que fa al descobriment del funcionament dels processos microbiològic i bioquímic gràcies a l'estudi dels microorganismes que intervenen en la descomposició de la matèria orgànica en condicions anaeròbiques. Això ha permès millorar la producció de biogàs i augmentar-ne l'eficiència.

II. OBTENCIÓ DEL BIOGÀS

El biogàs és un gas combustible obtingut per digestió anaeròbia de residus o subproductes orgànics, com ara purins, fems, fangs de depuradores d'aigua, residus d'escorxadors,

residus sòlids urbans orgànics prèviament separat de la resta, etc. Presenta l'avantatge que s'obté a partir de residus que altrament serien llençats a abocadors [3].

El biogàs està format principalment per metà (CH₄) i diòxid de carboni (CO₂), a més d'altres components com l'àcid sulfhídric (H₂S), hidrogen (H₂), amoníac (NH₃), nitrogen (N₂), monòxid de carboni (CO) i oxigen (O₂). Un dels objectius de la digestió anaeròbia és la producció d'aquest gas, ric en metà, que posteriorment pot ser utilitzat com a combustible. La taula 1 mostra la composició aproximada del biogàs en funció del residu orgànic utilitzat [4].

Taula 1. Exemples de composicions del biogàs.

Gas	Residus agrícoles	Clavegueres	Residus industrials	Abocadors
Metà	30-80%	40-80%	40-80%	45-65%
CO ₂	30-50%	20-50%	30-50%	30-55%
Vapor d'aigua	Saturació	Saturació	Saturació	Saturació
H ₂ S	<0,7 %	<0,1 %	<0,1 %	<0,05 %
Hidrogen	<2 %	<5%	<2%	<1%
Amoníac	<1 %	<1%	<1%	<1%
Nitrogen	0-15 %	<3%	<1%	0-30%
Oxigen	<1 %	<1%	<1%	<5%
Orgànics	Traces	Traces	0-5 ppm*	10 ppm*

*10,000 ppm = 1 %

La Fig. 1 mostra un sistema d'obtenció de biogàs. La matèria orgànica es sotmet a una digestió anaeròbia, o fermentació sense presència d'oxigen. En aquets procés els residus orgànics redueixen el seu volum (això ja implica menys abocadors) i, adientment tractades, poden emprar-se com a fertilitzant. Part de la matèria es transforma en gas metà, que pot ser emprat enlloc de gas natural com a combustible, per exemple a una central termoelectrica.

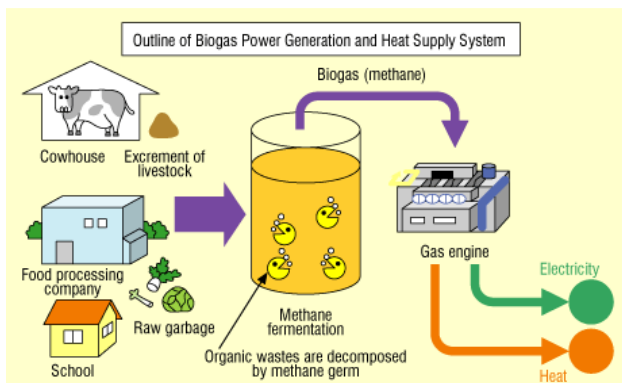


Fig. 1. Esquema del procés d'obtenció del biogàs

La digestió anaeròbia és un procés biològic de fermentació en absència d'oxigen, mitjançant el qual la matèria orgànica es degrada degut a l'acció d'un conjunt de microorganismes i és transformada en biogàs [3].

En general, es tracta d'un procés complex en el qual intervien diversos grups de microorganismes. De la descomposició de la matèria n'esdevenen els àcids grassos volàtils, que seran l'aliment dels microorganismes metanogènics¹. Aquests microorganismes són els que produeixen el biogàs dins del reactor.

Algunes persones fan aquest procediment de manera casolana amb residus del jardí o fins i tot alimentaris per obtenir-ne el fertilitzant, però el biogàs no és aprofitat. Com a curiositat, es tracta del mateix gas que emetem en les flatulències. A Barcelona, el biogàs, es produeix industrialment en una planta de tractament diferenciat d'escombraries sòlides urbanes, a on prèviament hi ha una selecció de residus segons la seva naturalesa (orgàniques, metalls ferromagnètics, metalls no ferromagnètics, plàstics, vidre, etc.).

A la natura, el procés de digestió anaeròbia té lloc a tot arreu on s'acumula matèria orgànica i el subministrament d'oxigen és deficient. El millor exemple en són els gasos formats en la superfície de pantans, llacs i aigües estancades.

III. VARIABLES DE REGULACIÓ

Per produir un biogàs de qualitat cal regular una sèrie de variables, les més importants són la relació sòlid/aigua, el temps d'estada al digester, els microorganismes a introduir perquè comenci la digestió i la temperatura [4].

A. Contingut de sòlids en afluents

La producció de biogàs és ineficient si els materials de fermentació són massa diluïts o concentrats, donant com a resultat respectivament que la producció de biogàs i l'activitat de fermentació siguin insuficients. L'experiència ha demostrat

¹ Metanogènica: Bacteri estrictament anaeròbic que creix en presència de diòxid de carboni i produeix gas metà. Els metanogens es troben en sòls anòxics (pantans i llacades), fangs d'aigües residuals, abocadors i en sistemes de digestió anaeròbica. Són components importants de la microbiota dels rumugadors i dels tèrmitis

que en la matèria primera (residus domèstics, aus de corral i els fems) la relació d'aigua ha de ser 1:1. Aquesta barreja correspon a una concentració de sòlids totals de 8 - 11% en pes.

B. Càrrega

La mida del digester depèn de la càrrega, que està determinada pel contingut de sòlids a l'entrada, el temps de retenció, i la temperatura del digester. Les taxes de càrrega òptima varien d'acord amb el tipus de digester i els seus llocs d'ubicació. Les majors taxes de càrrega s'aconsegueixen quan la temperatura ambient és elevada.

C. Sembrar

La pràctica comuna consisteix a la sembra amb una població adequada de bacteris àcid-metanogènics. La digestió activa de fangs d'una planta d'aigües residuals constitueix la "llavor" ideal de material. Com a pauta general, el material de sembra ha de ser dues vegades el volum de la beurada del fem fresc durant la fase de posada en marxa, amb una disminució gradual de la quantitat afegida durant un període de tres setmanes. Si el digester acumula àcids volàtils com a conseqüència de la sobrecàrrega, la situació pot ser esmenada per la resembra, o per l'adició de calç o un altre àlcali.

D. Temperatura

Amb una flora mesòfila², la digestió millora a temperatures entre 30 i 40 ° C, amb els termòfils, el rang òptim és de 50 a 60 ° C. L'elecció de la temperatura que s'ha d'utilitzar és influenciada per consideracions climàtiques. En general, no hi ha una regla fixa, però per l'estabilitat òptima del procés, la temperatura ha de ser acuradament regulada en un estret rang de temperatures de funcionament. En climes càlids, sense gelades, els digestors poden operar sense calor addicional. Com a mesura de seguretat, són pràctica comuna enterrar els digestors a terra per les propietats aïllants avantatjoses d'aquests, o utilitzar una coberta d'hivernacle. Les necessitats de calefacció i, en conseqüència els costos, es poden minimitzar amb l'ús de materials naturals com fulles, serradures, palla, etc. que són compostats en lots en un compartiment separat del digester.

IV. MATERIALS PER CONSTRUIR EL SISTEMA DE GENERACIÓ

Una planta de biogàs, com la que es pot observar a la figura 2, consta de dos components:

Digester (o tanc de fermentació): És un recipient cilíndric a prova d'aigua o cilíndric-cub amb una entrada per la qual introdueix la barreja líquida perquè tingui lloc la fermentació.

Receptor de gas: És normalment un recipient d'acer hermètic que sura com una bola sobre la barreja de fermentació, talla l'aire al digester (anaerobiosi) i recull el gas generat.

² Mesòfila: Dit de l'organisme que es desenvolupa òptimament amb valors mitjans d'un factor ecològic, especialment quan aquest és la temperatura o la humitat.

Per a la construcció de plantes de biogàs, els criteris importants són: la quantitat de gas necessària per a un ús o usos específics; i, la quantitat de material disponible per al processament de residus.

Altres consideracions tècniques a tenir en compte són el disseny dels lots per alimentació periòdica o alimentació diària i en tots dos casos poden ser plantes verticals o horitzontals [5].

Els reactors digestors es construeixen de maó, ciment, formigó i acer. El digestor es construeix amb Hypalon Neoprè de 0,55 mm de gruix laminat i reforçat amb niló. La bossa està equipada amb una entrada i una sortida de PVC. El cost del digestor i el captador de gas (ambdós combinats en una bossa) és només el 10% del d'un digestor d'acer de formigó.

A les zones rurals, la instal·lació és més senzilla. Un forat a la terra amb capacitat per a la bossa i s'omple dos terços amb aigües residuals. La producció de gas infla totalment la bossa, que està proveïda d'un compressor per augmentar la pressió del gas.

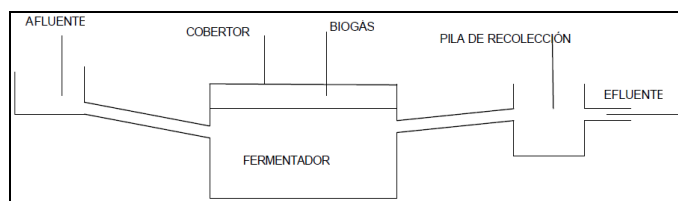


Fig. 2. Esquema de les parts d'un digestor convencional

V. APLICACIONS DEL BIOGÀS

Com veurem, el gas que surt del digestor ha d'estar condicionat per tal d'assegurar un permanent i bon funcionament dels equips que s'alimenten d'ell.

El biogàs pot ser utilitzat com qualsevol altre combustible i té un poder calorífic variable en funció de la seva composició. La figura 3, mostra les equivalències amb altres fonts d'energia per un cas concret de concentracions (70% CH₄ + 30% CO₂) [2]:

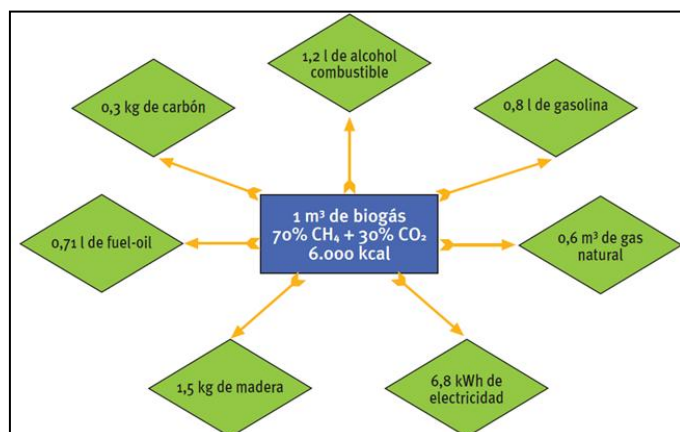


Fig. 3: Gràfic d'equivalències amb altres fonts d'energia

Comprèn el seu ús per la cuina, com a combustible per la calefacció, per la combustió dels vehicles (si el barregem amb una part d'aire, obtenim un gas detonant i altament explosiu,

per motors de combustió interna adaptats, amb un alt octanatge que oscil·la entre 100 i 110), també pel querosè etc. També existeixen llums adaptades per biogàs, per substituir l'enllumenat [3].

En principi el biogàs també pot ser utilitzat en qualsevol tipus d'equip que funcioni amb gas natural. Per exemple en aplicacions com: cremadors, estufes, il·luminació, motors, generació d'electricitat, calor o potència mecànica, etc.

Aquesta energia pot ser emmagatzemada i distribuïda en diferents formes (gas a baixa pressió, mitjana o alta), aigua calenta o energia elèctrica.

A partir del seu residu s'obté també un fertilitzant orgànic d'alta qualitat anomenat compost. En alguns camps la seva obtenció s'anomena compostatge. D'aquesta manera, es redueix la concentració de les substàncies orgàniques contaminants que van a parar al medi aquós o al sòl conreat.

VI. SISTEMES ELÈCTRICS I PRODUCCIÓ ELÈCTRICA

Una manera senzilla de produir energia elèctrica a partir de biogàs és alimentar un motor de combustió interna amb biogàs, aplicant algunes modificacions al motor, i connectant-lo a un alternador. Per tant podem produir electricitat a partir d'un motor de GLP (Gas Liquefiet del Petrolí), gasolina o dièsel [5].

A. Motors de GLP

La única modificació necessària per aquest tipus de motor per tal d'utilitzar biogàs és modificar la pressió de injecció del gas, perquè s'ajusti a les condicions del gas. A més té l'avantatge de que és possible operar amb qualsevol dels dos combustibles.

El desavantatge és que no és possible una regulació automàtica de la mescla i la càrrega, per tant l'ajust del motor s'ha de fer de forma manual des de la vàlvula de control del biogàs, col·locada en la línia de admissió.

B. Motors de gasolina

El motor de gasolina pot ser funcional amb biogàs afegint un filtre d'aire i una unió en forma de "T" per l'entrada del biogàs, connectada al carburador. A més, el motor hauria de funcionar utilitzant gas i gasolina al mateix temps, ja que seria una pèrdua d'energia innecessària. Per tant, s'ha de col·locar una vàlvula per controlar el flux de gasolina. També s'ha de garantir un subministrament de biogàs a pressió constant i que el filtre de l'aire estigui net per mantenir la mescla de biogàs i que el motor operi de manera estable. Finalment s'ha de col·locar una vàlvula per controlar la admissió del gas al motor.

El desavantatge és el mateix que el del motor de gas.

C. Motors dièsel

Els motors dièsel es poden modificar per tal d'utilitzar biogàs i dièsel al mateix temps (un 70% i un 30% respectivament). Per fer-ho s'ha de modificar el motor afegint una unió en forma de "T" entre el filtre i el sistema d'admissió d'aire, on es connecta la canonada de biogàs. També s'ha d'instal·lar una vàlvula a la canonada per regular el subministrament de biogàs.

Per arrencar el motor s'ha d'alimentar únicament amb dièsel, i un cop arrancat es realitzarà la transferència de biogàs gradualment.

En la figura 4 es pot veure la modificació per l'adaptació del gas en un motor dièsel.

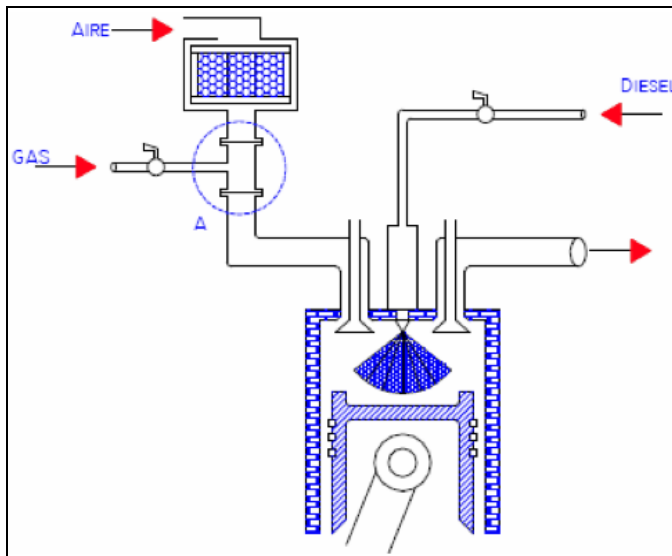


Fig.4. Esquema explicatiu d'un motor dièsel

D. Turbines

També és possible generar electricitat a partir de calderes i turbines. Per fer-ho és tracta i s'emmagatzema en pous, es transporta fins a una caldera on es crema per tal d'escalfar aigua fins el punt de convertir-la en vapor i que aquest faci moure les turbines que estan connectades a un alternador per generar electricitat, i aquest es connecta a un transformador. Finalment el vapor es refreda fins a convertir-se en aigua que es reutilitza en el procés. La següent figura ens mostra aquest procés:

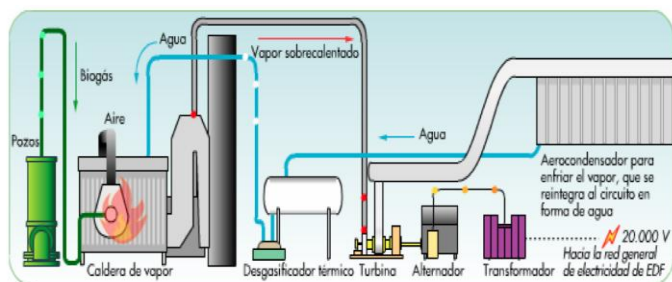


Fig.5: Procés d'obtenció d'electricitat mitjançant turbines.

VII. APLICACIONS DEL BIOGÀS

A. Avantatges

Reducció de l'efecte hivernacle: Una fermentació controlada de la biomassa esdevé una reducció del 90% de l'efecte hivernacle provocat pels gasos de la biomassa sense tractament, ja que el carboni produït (metà i diòxid de carboni) ha estat prèviament absorbit per les plantes utilitzades per a la seva producció (fotosíntesi). D'aquesta manera, l'ús de biogàs forma part d'un cicle, llevat que sigui

part d'una sobre-explotació de la biomassa, que només torna el carbó que s'ha eliminat de l'atmosfera, a diferència dels gasos de combustió "natural".

Aprofitament dels residus: Els residus orgànics tals com: les escombraries, els greixos animals o usats i l'excrement animal són matèries primeres per produir biogàs.

B. Desavantatges

Dificultats en la producció: La producció del biogàs requereix un considerable i pacient treball, ja que s'ha de realitzar prèviament una selecció i classificació de les matèries orgàniques, a més pot presentar fluctuacions en la producció d'energia a causa de la disponibilitat variable dels recursos naturals.

Dificultats d'emmagatzematge i distribució: És un gas molt perillós per la seva capacitat d'inflamar-se fàcilment. A més necessita una instal·lació específica per al seu transport, per evitar fugues.

Dificultats d'aplicació: No es troben molts equips adaptats per l'aplicació del biogàs.

VIII. SISTEMES TIC: CONTROL I MONITORITZACIÓ

Una aplicació de les TIC en l'obtenció de biogàs és la fabricació d'equips capaços d'analitzar la qualitat del gas en temps real, i formen part dels sistemes de control i monitorització en l'etapa de fabricació. Aquests dispositius s'encarreguen de mesurar les concentracions d'oxigen, diòxid de carboni i metà en el biogàs. Un d'aquests analitzadors es mostra en la figura 6 [1].



Fig. 6. Analitzador de gasos per controlar i monitoritzar la qualitat del biogàs.

La mostra introduïda a l'analitzador s'ha de condicionar. El condicionament es realitza mitjançant filtres quan la temperatura exterior és inferior a 35°C. Quan la temperatura del gas és més elevada que la de l'exterior, caldrà refrigerar el gas per poder analitzar-ne la composició.

El flux de la mostra es controla mitjançant un cabalímetre elèctric. L'ajust i les indicacions del flux es poden observar en l'indicador frontal del panell amb una vàlvula d'agulla. El sistema és apte per pressions de mostra de fins a 20 mbar. Per

a mostres amb pressió inferior es pot arribar a utilitzar una bomba, tot i que és més segur mitjançant un sistema de tancament i un detector de gas inflamable opcional. Gràcies a aquesta opció, qualsevol filtració d'aquest gas detectada en l'equip provocarà una desconexió de la xarxa i simultàniament causarà que una electrovàlvula interrompi el flux de la mostra. Aquesta situació serà indicada per un joc de relés amb contacte commutat.

Finalment, aquests equips tenen la possibilitat de disposar de sortides analògiques a fi de poder ser monitoritzat i portar un control de les dades de qualitat registrades, per un ordinador a través de convertidors A/D.

IX. CONCLUSIONS

Com a conclusions podríem citar les següents:

- El biogàs és un recurs renovable.
- És una font d'energia important ja que transforma els residus orgànics en fertilitzants d'alta qualitat.
- El biogàs és un combustible que s'utilitza molt poc avui en dia tot i la seva fàcil obtenció o producció si la comparem amb combustibles semblants com el gas natural o el GLP.
- Una dificultat perquè no sigui un combustible molt utilitzat és que no existeix una comercialització extensa, ni del combustible, ni de maquinària que pugui utilitzar-lo.
- Les tecnologies TIC poden ajudar molt al control i tractament del biogàs, ja que un dels seus defectes és que s'utilitza en unes condicions molt determinades.

AGRAÏMENTS

Volem agrair la participació i el suport a l'hora de desenvolupar el nostre article al professorat involucrat en el projecte, en especial menció a la Teresa Escobet, per l'ajuda proporcionada durant tot el desenvolupament de l'article.

REFERÈNCIES

- [1] EMISION. Biogás [en línia]. Barcelona: EMISION, 2012 [Consulta: 29 novembre 2012]. Disponible a: <http://www.emision.com/biogas.htm>
- [2] IDAE. Biomasa [en línia]. Digestores anaerobios. Madrid: IDAE, 2007, [Consulta: 29 novembre 2012]. Disponible a: http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_10737_Biomasa_digestores_07_a996b846.pdf
- [3] BiodiSol. Que es el biogás? [en línia]. [Consulta 29 novembre 2012]. Disponible a: <http://www.biodisol.com/que-es-el-biogas-digestion-anaerobia-caracteristicas-y-usos-del-biogas/>
- [4] ETEISA. Proyecto Ejecutivo de las Estaciones de Transferencia de Residuos Sólidos y del Relleno Sanitario Regional de Frontera Chica, Tamaulipas [en línea]: Generación y control de biogás. [Consulta: 29 noviembre 2012]. Disponible a: http://virtual.cocof.org/Proyectos_certificados/Proyecto475/Documento_final/Proyecto_Ejecutivo/Informe/Cap07_Generacion_y_Control_de_Biogas.pdf
- [5] Luis Diego Ramírez Rodríguez. Generación eléctrica por medio de biogás. Universidad de Costa Rica Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Eléctrica: 2004 [Consulta: 29 diciembre 2012]. Disponible a: <http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0426t.pdf>

Energia Mareomotriu

Jordi Casals, Albert Ibarra, Mireia Izquierdo, Ferran Riu, Sergi Soler

Segon curs Grau en enginyeria de sistemes TIC, Tecnologies Complementaries II

jordi.casals.espelt@estudiant.upc.edu

albert.ibarra@estudiant.upc.edu

mireia.izquierdo.aymerich@estudiant.upc.edu

ferran.riu@estudiant.upc.edu

sergi.soler.lozano@estudiant.upc.edu

L'energia mareomotriu és una energia renovable que obté energia elèctrica a partir de la força produïda per les mareas.

En aquest article exposarem diversos aspectes d'aquesta energia tals com el seu origen històric, amb l'ús que se li donava, el funcionament de com s'explota d'aquesta energia en l'actualitat, el seu transport, els avantatges i desavantatges de la seva utilització i els sistemes de monitorització i control de les centrals.

I. INTRODUCCIÓ

Les $\frac{3}{4}$ parts del nostre planeta estan formats per mars i oceans, per tant en aquest espai tenim un gran dipòsit d'energia en moviment [4]. En aquesta superfície el vent pot provocar ones des de 12 metres d'altura i 20 metres de profunditat, les temperatures de l'aigua poden variar entre -2 i 25°C , es pot produir energia tant la superfície com el fons com també degut a les atraccions solars i lunars.

Els primers documents de la utilització de l'energia mareomotriu es remunten a l'any 1581 a Anglaterra, aquestes fonts citen que s'utilitzava la marea per bombear aigua cap a la ciutat.

Hi han diferents maneres d'aprofitar l'energia mareomotriu, les corrents marítimes, les ones i les mareas les quals s'expliquen a continuació:

Les corrents marines són grans masses d'aigua que s'escalfen gràcies a l'acció directa del sol i fa que es desplaci horitzontalment, aquestes corrents poden arribar a ser de centenars de metres d'amplada. Aquestes corrents són constants i això fa que l'home ja hagi aprofitat abans aquesta força com per exemple la navegació dels vaixells de vela.

Les ones són masses d'aigua que avancen i es propaguen per la superfície marítima en moviments ondulatoris. Les ones es poden mesurar per la seva longitud, (que es la distància entre cresta les ones), el període (que es el temps que diferencia el pas d'una cresta a l'altre en un punt fix) i l velocitat (que es pot calcular de dividir els dos anteriors).

La ona pot arribar a ser molt potent ja que per exemple una ona de 7,5 m d'altura i de 150 m de longitud amb una velocitat de 15 m/s podem aconseguir una potència de 700 C.V. per metre lineal de cresta.

En el següent mapa (Figura 1. Zones del planeta on s'utilitza l'energia mareomotriu), podem veure les principals

zones del planeta en les quals s'utilitza l'energia mareomotriu. Les zones que produeixen mes del planeta, son a Rússia, a la planta de Penzhinsk, Mar de Okhost amb 190000 Gb/h de producció anual, altres plantes molt importants, estan a argentina, França, Anglaterra les quals estan reflectides en la figura 1 amb altres països.

Les ones es creen en uns punts determinats del planeta i des de aquests es propaga radialment, seguidament en l'apartat 2 es descriuen els tipus de centrals i el seu funcionament, en l'apartat 3 descriurem la generació elèctrica i en l'apartat 4 els avantatges i inconvenients.

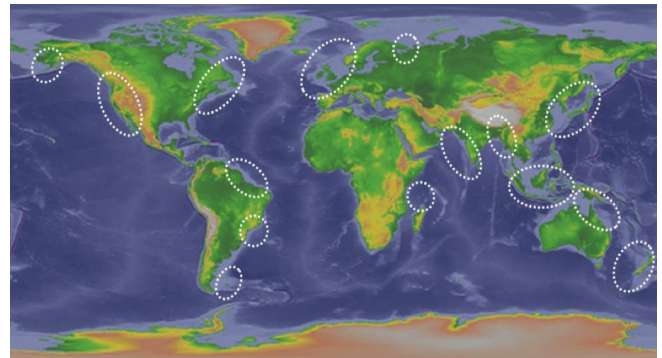


Figura 1. Zones del planeta on s'utilitza l'energia mareomotriu

II. SISTEMES MAREOMOTRIUS I EL SEU FUNCIONAMENT:

Generalment els sistemes mareomotrius es basen en aprofitar l'energia procedent del mar (el flux d'aigua, el moviment de les onades, les corrents de les mareas...), que consisteix en aprofitar aquestes forces per a genera energia elèctrica mitjançant uns generadors elèctrics [5].

Aspectes generals el sistema mareomotriu:

- Mecanisme capaç de transformar l'energia del mar en energia de moviment.
- Les centrals mareomotrius aprofiten el moviment de l'aigua per impulsar les turbines que accionen els alternadors per produir electricitat.

Actualment per a l'explotació d'aquesta energia es disposa de diferents tipus de centrals, algunes de les quals es descriuen a continuació [3][6].

A. Central mareomotrius:

Les centrals mareomotrius es basen en aprofitar les mareas per tal de fer girar una turbina i crear corrent elèctric. Es tracte de construir un dic per retenir les aigües de plenamar, aprofitant per omplir en el moment de la marea alta, i guardar-la fins que baixi la marea, quan el nivell del mar és baix i la diferència d'alçada és considerable, s'obren les comportes i es retorna l'aigua al mar, aprofitant en aquest punt per fer girar una turbina i crear electricitat tal com es mostra en la figura 2.

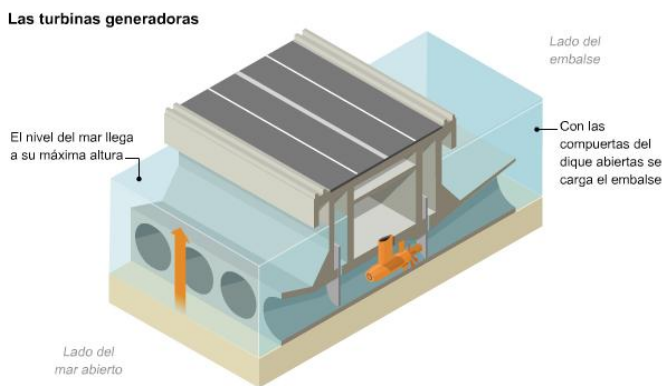


Figura 2. Turbina generadora central mareomotriu

Per tal de fer servir aquest mètode necessitem disposar d'emplaçaments on l'amplitud de les mareas sigui gran (més de 5m), juntament amb característiques geogràfiques adequades (cales, badies...) per poder crear grans embassaments.

B. Turbines marines (seaflow):

El funcionament és bastant similar al dels aerogeneradors, simplement consisteix en fer girar les hèlices per afecte del corrent marí, les hèlices són les encarregades de fer girar la turbina i aconseguir així el procés de generació elèctrica. Les turbines tenen la propietat de poder girar al voltant de l'eix per tal de orientar-se amb el corrent marí i captar el màxim corrent possible (figura 3).

Existeixen diferents tipus de subjeccions d'aquestes torres en el fons marí, ja sigui creant una base sòlida en el fons marí i collant-la, enterrant a gran profunditat la torre, o bé sistemes de flotació i subjecció mitjançant ancoratges.

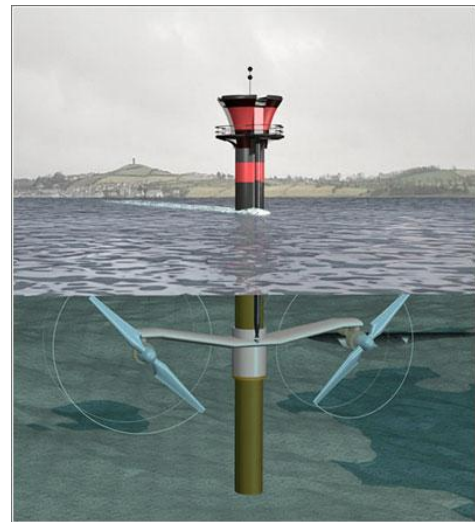


Figura 3. Turbina generadora seaflow

C. Aprofitament de l'onatge

Hi ha diferents sistemes d'aprofitament de les onades, on a continuació es mostren els més utilitzats:

El seu funcionament es basa en comprimir un circuit hidràulic a causa del moviment pendular i vertical que exerceixen les onades sobre la boia, i aquesta compressió fa girar un generador elèctric que ens donarà corrent, veure figura 4.

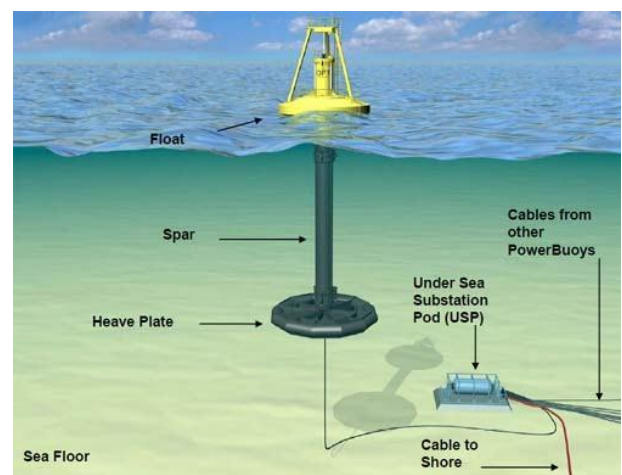


Figura 4. Boia d'aprofitament de l'onatge

1) Columna d'Aigua Oscil·lant

Una manera de aprofitar les onades que arriben a la costa és mitjançant el dispositiu mostrat a la figura 5. En arribar les onades a la costa, fan pressió en la cavitat on hi tenim l'aire que està tancat, i per tant l'aire comprimit sols pot sortir per on hi ha la turbina i en conseqüència fer-la girar produint

electricitat, un cop passada l'onada la cavitat es torna a omplir d'aire i torna a començar el procés.

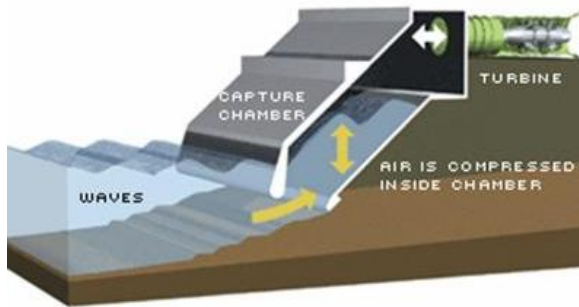


Figura 5. Funcionament aprofitament de les onades

2) Stingray:

Consisteix en aprofitar les onades del mar, donant un moviment (ascendent/descendent) a les plaques que varien el seu angle i fent pressió en un circuit hidràulic que fa girar un generador (figura 6).

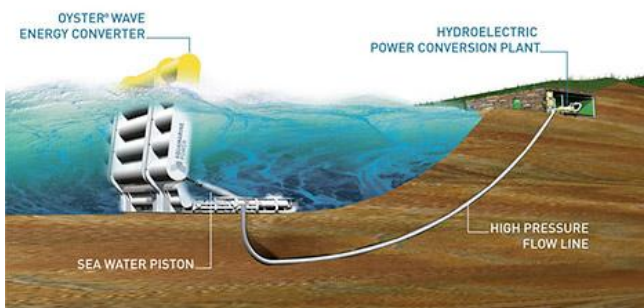


Figura 6. Oyster wave

III. GENERACIÓ ELÈCTRICA I CONNEXIONAT:

Les instal·lacions mareomotrius, és basen en un funcionament pràcticament idèntic a les instal·lacions eòliques. Tots dos tipus d'instal·lacions segueixen el mateix procés en la generació d'electricitat, aprofitar el moviment rotatori per fer girar el rotor del generador elèctric i aconseguir transformar el moviment en energia elèctrica.

Un generador elèctric és un utensili capaç de transformar alguna energia en una energia capaç de mantenir una diferència de potencial entre dos punts, això succeeix en el moment que fem girar una espira de cable en l'interior d'un camp elèctric causat per un parell de pols imantats (figura 7), ens apareix una diferència de potencial entre els dos pols on es pot traduir com a un subministrament d'energia elèctrica.

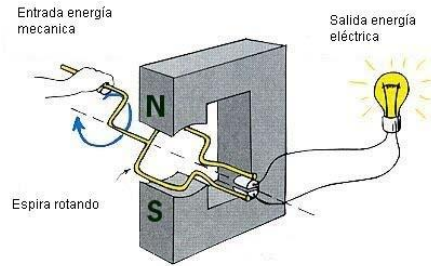


Figura 7. Pol imantat amb una espira de cable

Existeixen una gran varietat de generador elèctrics (figura8), però el que realment importa és que tots ells segueixen el principi de la conservació d'energia de la llei de Faraday, que ens relaciona el camp magnètic i la electricitat.

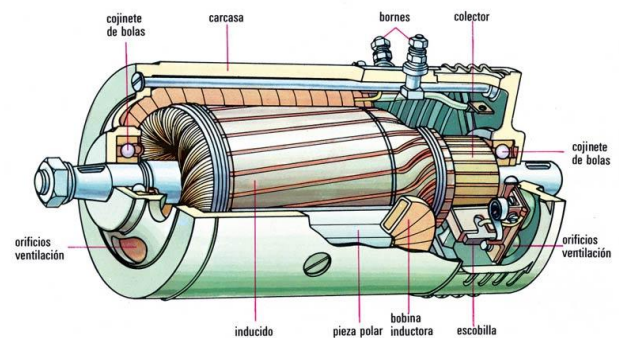


Figura 8. Generador elèctric

En les instal·lacions mareomotrius, la turbina esta composta per una sèrie de transformadors d'energia, on cada un d'aquests transformadors està connectat de manera individual per cables d'alimentació que van de l'estació subaquàtica fins una central situada a la costa.

El cable esta format per quatre conductors de coure amb una secció mínima de 95 mm^2 , que transporten el corrent fins a una caixa de connexions situada a la costa. Aquestes caixes són estanques i accedim en el seu interior mitjançant premsaestopes (mantenir la caixa estanca) a on hi fem passar el cable que s'uneixen amb els conductors d'alimentació exterior (la caixa de connexions esta formada per resina i tancada per una placa d'acer).

Un cop ho tenim a la caixa de connexió tractem l'energia obtinguda, connectem a un transformador el qual ens eleva la tensió a fins la tensió adequada per tal de subministrar aquesta corrent a través de la xarxa elèctrica.

IV. AVANTATGES I DESAVANTATGES:

L'energia mareomotriu, com qualsevol altra energia renovable, te certs avantatges i desavantatges a la hora de construir infraestructures per a la generació d'energia elèctrica o per generar aquesta energia.

En aquest apartat presentarem els principals pros [1] i contres [2],[3],[4],[7] per tal de que es pugui decidir si l'energia mareomotriu es una manera viable de generar energia o no.

A. Avantatges

Alguns dels avantatges que hem trobat sobre el funcionament, manteniment i construcció de les centrals d'aquesta energia estan relacionats amb la seva fiabilitat, la seva característica d'energia renovable, els costos del seu manteniment, la seguretat que atorguen al medi que els envolta, l'eficiència en l'obtenció d'energia elèctrica, la ubicació de les centrals per evitar un impacte visual.

L'energia produïda per les centrals mareomotrius, és més fiable que la que s'obté de les centrals solars i eòliques ja que depèn de la força de les mareas i aquestes són fàcils de calcular al tractar-se d'un fenomen cíclic.

L'energia mareomotriu es una energia que no s'esgotarà fàcilment, a més aquest tipus d'energia es gratis, no contamina i no es produeix cap tipus de residu al generar-se.

Encara que els costos inicials per a construir una central mareomotriu es alta, els costos del manteniment d'aquesta son molt baixos. Tampoc hi ha costos de matèria prima ja que aquesta es l'aigua i es gratis.

Les preses construïdes per a les centrals mareomotrius ja siguin grans o petites, augmenten la protecció de les ciutats properes o ports propers de mareas perilloses durant grans tempestes o almenys reduir els danys ocasionats per aquestes.

Les turbines que s'utilitzen per a les centrals mareomotrius tenen un 80% d'eficiència a l'hora de transformar l'energia de les mareas en energia Eléctrica, és molt mes alta que l'eficiència de conversió de l'energia solar o l'eòlica.

Pel que fa a la ubicació les centrals mareomotrius no es construeixen a prop de grans centres de població, així s'evita el gran impacte visual i no es molest per els habitants.

B. Inconvenients

Aquest tipus d'energia també presenta alguns inconvenients tal com l'impacte que provoca en el ambient i la fauna, el rendiment màxim només s'obté en moments determinats del dia, encara que els costos de manteniment siguin baixos, els costos inicials són molt elevats i degut a que només seria viable construir les centrals en certs llocs provoca que el trasllat d'aquesta energia sigui més costos i al ser construïdes en el mar, aquest provoca una certa corrosió.

L'efecte en el ecosistema es bastant considerable. El canvi de volum de l'aigua entre un costat del dic construït i l'altre on es troba el mar obert canvia i es redueix, això porta a un augment de la contaminació ja que aquesta s'anirà acumulant a la conca de la presa. També degut al canvi de volum en

l'aigua es redueix la salinitat i augmenta l'acumulació de sediments i provoca una erosió en el fons marítim alterant l'hàbitat de la fauna marítima.

La tasa de mortalitat de peixos per passar a través de la barrera es d'aproximadament del 15%. Les solucions que han aparegut per solventar aquest problema no han tingut èxit ja que no son practiques o son molt cares.

Encara que les mareas es poden preveure i la conversió d'energia es eficient, les centrals mareomotrius només produeixen i generen energia Eléctrica de manera òptima quan les mareas flueixen cap a dins o cap a fora de la barrera i l'amplitud de les onades es de 6m i això només passa per les nits.

Els costos inicials per a construir una planta d'energia de les mareas son alts. Això significa que fins a que passi un cert temps i s'amortitzin aquests costos inicials no es veuran els beneficis de la generació d'energia.

L'energia mareomotriu només serà viable en zones concretes de la terra on les mareas siguin altes ja que així es genera més energia Eléctrica. No a tots els mars o oceans hi ha la mateixa amplitud de mareas. Degut a l'alta salinitat de l'aigua, serà fàcil que els sistemes de la central es corroeixin.

Com normalment les centres mareomotrius no estan situades a prop de grans centres de població, el trasllat d'aquesta energia generada serà molt car.

V. SISTEMES TIC, CONTROL I MONITORITZACIÓ:

Una problemàtica molt present en les plantes de energia mareomotriu es la dificultat de manteniment de algunes de les seves parts ja que estan submergides en l'aigua i això pot suposar un risc elevat [8]. Per això la implementació de sistemes de detecció de elements deteriorats o de control a distancia suposen un gran benefici per aquest tipus d'instal·lacions. Un exemple d'això es "TidalSense", un projecte de la "Comissió Europea del setè marc" que desenvolupa varis sistemes de monitorització i control de una variant de les turbines marines(seaflow) amb la col·laboració de diferents empreses del sector.

Aquest tipus de turbines tenen una disposició de plaques metàl·liques unides entre elles per aconseguir moviments circulars amb els moviments de l'aigua. aquestes plaques s'anomenen veles marines (Tidal Sails); tota la turbina està controlada amb un PC que connecta tots els elements operacionals. Això permet engegar la turbina automàticament o manualment ajustant els paràmetres a la pantalla de control, també moure l'angle de les veles per trobar la posició òptima i aprofitar al màxim les corrents marines.



Figura 9. Sistema de veles marines

Les comunicacions entre la turbina i el PC de control es duen a terme mitjançant un enllaç via radio amb un receptor a la riba que envia la senyal amb una connexió ISDN, es a dir, connexió via telèfon; per tant podem controlar la turbina des de qualsevol lloc amb un mòdem gracies a aquest sistema de connexió.

Aquí és on apareix el sistema de monitorització TeleTest® que utilitza ones ultrasòniques no destructives de llarga distància per inspeccionar l'estat dels cables i les plaques metàl·liques. Aquest sistema de detecció i la posterior monitorització del resultats obtinguts per aquestes sondes permeten veure signes de deteriorament o manca de metall en plaques i cables.

Un gran avantatge de TeleTest®, es que utilitza un sistema de guiament de les ones, que li permet concentrar els ultrasons en punts concrets i així poder investigar l'estat de regions senceres de fins a 100 m des del punt de mesura.



Figura 10. Dispositiu TeleTest®

VI. CONCLUSIONS

El mètode d'obtenció d'energia elèctrica mitjançant mareomotriu, és un sistema d'energies renovables en tot el seu conjunt bastant bo ja que, si tenim en compte els diferents sistemes d'aprofitament d'energia és un sistema que per norma general pot funcionar les 24 hores del dia, i per tant podem generar corrent a qualsevol hora del dia. L'inconvenient més important és que l'aigua salada és molt corrosiva i per tant els components de la instal·lació es fan malbé més ràpidament que no a l'exterior.

Pensem que aquesta energia està molt desaprovechada en l'actualitat, ja que hi ha moltes zones interessants on instal·lar-hi aquestes estacions, però ens trobem amb la problemàtica que encara que seria ideal per les condicions de l'aigua, ens trobem amb problemes com la profunditat en l'oceà, zones geogràfiques etc. que no ens permeten fer les instal·lacions.

Aquesta energia però, cada cop anirà adquirint més importància en un futur proper i es realitzaran més instal·lacions a tot el planeta, en la gran quantitat de llocs viables que queden, suposem també a l'avançar la tecnologia cada cop augmentaran més les zones on poder dur a terme aquest diferents tipus d'instal·lacions i així poder treure més rendiment de les energies renovables.

Finalment, podem veure que la utilització de sistemes de monitorització i control de aquestes plantes mareomotrius mitjançant les TIC, ens permet treure un millor rendiment en molts aspectes diferents i facilitar la feina, ja que al estar construïdes en part sota l'aigua, dificulta molt el seu manteniment i control.

VII. REFERÈNCIES

- [1] (2004) Alternative Energy Sources Information website : Tidal power – Advantages.[Online]. Available: <http://www.netpilot.ca/aes/tidal/ad.html>
- [2] (2004) Alternative Energy Sources Information website : [2] Tidal power – Disadvantages.[Online]. Available: <http://www.netpilot.ca/aes/tidal/dis.html>
- [3] La energía mareomotriz como energía renovable. [Online]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos93/energia-mareomotriz/energia-mareomotriz.shtml>
- [4] Tidal Energy. [Online]. Available: http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/01-02/RE_info/Tidal%20Power.htm
- [5] (2012)How Tidal Power plants work. [Online]. Available: http://inventors.about.com/od/tstartinventions/a/tidal_power.htm
- [6] (2012) Tidal Power. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Tidal_power#Tidal_power_issues
- [7] “Proyecto de energía mareomotriz “Turbinas marinas””. Colegio Salesiano Padre Jose Fernandez Pérez. Chile, Octubre, 2011. [Online]. Available: <http://www.slideshare.net/JaysonVillarroel/proyecto-energia-mareomotriz-turbinas-marinas-2>
- [8] “Development of a condition monitoring system “Tidal Strem Generator Structures””. Tidal Sense. [Online]. Available: <http://www.Tidalsense.com>

Sistemes de Generació d'Energia amb Aerogeneradors i Integració a la Xarxa Elèctrica

A. Basullas¹, D. Martinez², M. Otal³, G. Sanchez⁴, F. Vilardell⁵

Grau en Enginyeria de Sistemes TIC

¹aleix_b@hotmail.com

²damian.martinez.carmona@gmail.com

³marcotal4@gmail.com

⁴guillisanchez@gmail.com

⁵francesc.vilardell8@gmail.com

Resum— Descripció general dels sistemes de generació d'energia elèctrica amb aerogeneradors. Es comença explicant els seus orígens i evolució, continuant amb el seu funcionament i materials utilitzats en la seva construcció, després es parla de la problemàtica de la seva connexió a la xarxa elèctrica i es mostren possibles solucions per la seva adequada sincronització i finalment es comenten les tecnologies de comunicació que es poden utilitzar pel seu control i monitorització, comparant varies alternatives.

I. INTRODUCCIÓ

L'actual sistema energètic està basat en els combustibles fòssils com a font d'energia primària. El creixement constant de la societat fa que no es pugui mantenir indefinidament aquest model de desenvolupament, tant per l'esgotament progressiu dels combustibles fòssils com per l'augment de l'impacte ambiental que provoca aquest model energètic.

Per disminuir la dependència del petroli és necessari incrementar l'aportació d'energia renovable. De totes elles, l'energia eòlica és la font que té més possibilitats d'un desenvolupament a curt i mitjà termini.

L'energia eòlica s'està tornant més popular en l'actualitat, en haver demostrat la viabilitat industrial, i va néixer com a recerca d'una diversificació en el ventall de generació elèctrica davant un creixement de la demanda i una situació geopolítica cada vegada més complicada en l'àmbit de els combustibles tradicionals.

L'energia eòlica té avantatges com la possibilitat de poder transformar la potència del vent en energia elèctrica i l'inconvenient que l'energia eòlica no és gestionable ja que no és pot assegurar que en el moment en què es necessiti es pugui disposar d'ella.

II. HISTÒRIA

Hi han moltes versions de diferents autors sobre el principi de l'evolució d'aquests aparells. Encara que des de Egipte es va dur ràpidament l'idea dels molins de vent cap a Europa, no va ser fins el segle VII D.C, quan apareixen els primers molins.

Va ser l'any 1802 quan es va pensar en la transformació de l'energia eòlica en energia elèctrica. Lord Kelvin va tractar d'associar un generador elèctric a un aeromotor, però va haver d'esperar fins a 1850 a l'esdeveniment de la Dinamo, perquè

existís el que avui coneixem com "aerogenerador", en la producció d'energia elèctrica. El far de la Hebe va ser la primera instal·lació d'abalisament marítim equipada amb una font d'energia elèctrica autònoma mitjançant un aerogenerador.

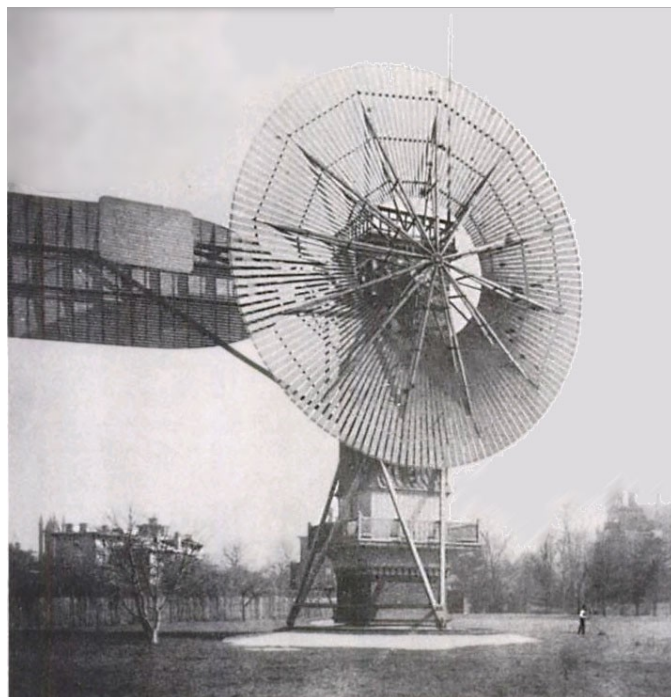


Fig. 1 Primer aerogenerador automàtic (1887).

El 1978 eren poques les instal·lacions eòliques. La demanda d'aerogeneradors de potència petita i mitjana en països industrialitzats estava limitada a aplicacions molt concretes en canvi, la seva demanda en països tercermundistes era més elevada degut al baix cost de producció i instal·lació d'aquests equips en comparació amb els guanys retribuïts.

Del 1980 al 1995, constituint centrals eòliques, es va evolucionar de la màquina de 50 kW a la de 500 kW, estant per al 1998 en procés d'introducció les unitats de 750 i 1000 kW, les que es consideraven el límit per a aquest tipus d'arquitectura i tecnologies actuals de grans aerogeneradors.

Per a finalitats de l'any 2000 s'han instal·lat al món, més de 14,000 MW de potencia. A Europa, Alemanya, Dinamarca, el Regne Unit, Espanya i Grècia tenen els programes més ambiciosos. A Espanya, l'empresa elèctrica de la Província de Navarra ha instal·lat 54 Centrals eoli elèctriques i espera produir més del 50% de l'energia que distribueix. L'empresa elèctrica de la Província d'Euskadi (País Basc) també preveu un desenvolupament important, el que ha ocasionat, paradoxament, que grups ecologistes protestin pel que consideren excessiu.

Per a l'any 2020, l'Associació Europea d'Energia Eòlica, s'estima tenir més de 20,000 MW instal·lats de potència eòlica per a la generació d'electricitat. Xina i l'Índia són dos països que han decidit donar un impuls gran a aquesta forma de generació elèctrica, per a això s'han associat amb empreses europees per fabricar en aquests països l'equipament requerit. A Amèrica Llatina, Costa Rica i Argentina passen al davant, amb 20 i 9 MW respectivament. A Argentina són les empreses elèctriques cooperatives de la Patagònia les que han donat l'impuls, estimin que les lleis estatals de la Província de Chubut, obliguen a un 10% de la generació elèctrica amb energia eòlica. Mèxic té una central de 1,575 kW a la venda, Oaxaca, amb plans d'ampliar a 54 MW. Nicaragua també té plans d'instal·lar una central eòlica d'almenys 30 MW. Al Carib, l'empresa elèctrica de Curaçao opera des de març de 1994 una centraleta de 4 MW que va ser la primera eoli elèctrica a Amèrica Llatina i el Carib.

III. COMPONENTS D'UN AEROGENERADOR

Els molins eòlics són complexes construccions que poden arribar a casi 200 metres d'altitud (amb les pales incloses) i tenen un pes de fins a 20 Tm. Estan formats per una gran varietat de components i materials descrits a continuació.

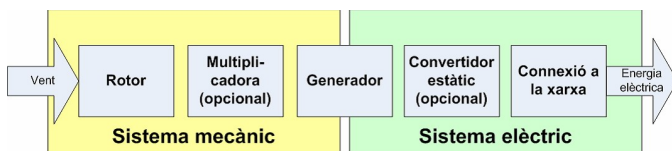


Fig. 1 Esquema general d'un aerogenerador.

A. Cimentació

Els aerogeneradors actuals d'eix horitzontal estan compostos per una cimentació subterrània de formigó armat, adequat al terreny i càrregues del vent; a sobre es construeix la torre.

B. Torre

La torre d'un aerogenerador és l'element estructural que suporta tot el pes i manté aixecades les pales de la turbina. Està fet d'acer i normalment buida per dins per poder permetre l'accés a la góndola. Aquesta sol ser típicament d'acer de tipus tubular o de formigó armat (actualment es sol utilitzar estructures mixtes en las quals la part inferior és de formigó i la superior d'acer). S'aixeca l'aerogenerador el suficient perquè sigui capaç d'accedir a velocitats de vent

molt més altes que les que hi hauria arran de terra, com també per eliminar turbulències. Al extrem de la torre es fixa una góndola giratòria d'acer o fibra de vidre.

C. Rotor i pales

Normalment les turbines modernes estan formades per dos o tres pales, sent el normal l'ús de tres per la major suavitat en el gir que proporciona. Les pales estan fabricades d'un material compost de matriu polimèrica (polièster) amb un reforç de fibres de vidre o carboni per donar major resistència. Presenten longituds de 1 a 100 metres i van connectats a la caixa del rotor. Dins de la caixa hi ha certs elements mecànics que permeten variar l'angle d'incidència de les pales.

La majoria dels rotors en l'actualitat són horitzontals i poden tenir articulacions, la més habitual és la de canvi de pas. En la majoria dels casos el rotor està situat a sobrevent de la torre, per tal de reduir les càrregues cícliques sobre les aspes que apareixen si es situés a sotavent d'ella, ja que en passar una pala per darrere del deixant de la torre, la velocitat incident està molt alterada.

D. Góndola

La góndola és un cub que es pot considerar la sala de màquines de l'aerogenerador. Pot girar al voltant de la torre per posar a la turbina encarada al vent. Dins d'ella hi ha la caixa de canvis, l'eix principal, els sistemes de control, el generador, els frens i els mecanismes de gir de la góndola. L'eix principal és l'encarregat de transmetre el parell de gir a la caixa de canvis.

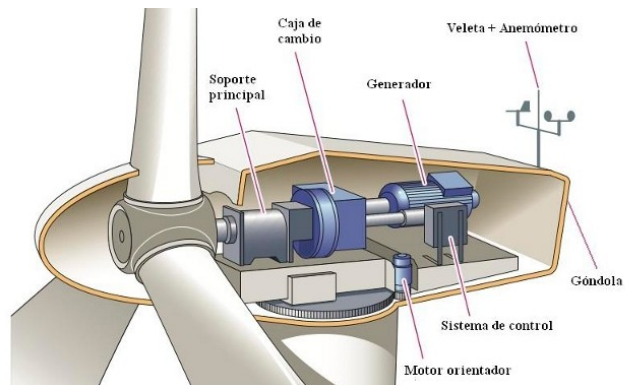


Fig. 2 Esquema intern de la Góndola.

E. Caixa de canvis

La funció de la caixa de canvis és adequar la velocitat de gir de l'eix principal a la que necessita el generador. Per exemple en una turbina d'1 MW que tingui un rotor de 52 metres de diàmetre girarà aproximadament a 20 revolucions per minut (rpm) mentre que el generador ho farà a 1500 rpm. La relació de la caixa de canvis serà de $1500/20 = 75$.

F. Generador

Actualment hi ha tres tipus de turbines, que varien únicament en el comportament que té el generador quan el molí es troba en condicions per sobre de les nominals per

evitar sobrecàrregues. Gairebé totes les turbines utilitzen un dels 3 sistemes esmentats a continuació:

- Generador d'inducció de gàbia d'esquirol. (asíncron)
- Generador d'inducció bifàsic. (doble-alimentats)
- Generador síncron.

Un generador asíncron com ara el de gàbia d'esquirol a causa de la gran diferència de gir entre l'eix del molí i el generador es necessita una caixa de canvis. El de banat de l'estator es troba connectat a la xarxa. Es diuen turbines de vent de velocitat constant, encara que el generador d'inducció de gàbia d'esquirol permeti petites variacions en la velocitat del rotor (aproximadament l'1%) també anomenat lliscament. Un generador de gàbia d'esquirol consumeix la potència reactiva de la xarxa, cosa no desitjable, sobretot en una xarxa feble. Per això, s'acoblen condensadors al generador.

Els altres dos sistemes de generació permeten un factor de multiplicat de 2 entre la velocitat mínima i màxima del rotor. En existir aquestes variacions en els nivells de velocitat de gir, hi ha un desacoblament entre la freqüència de xarxa i la freqüència del rotor. Per igualar ambdues freqüències es necessita electrònica de potència.

En els generadors d'inducció doble-alimentats s'utilitza un primer concepte de velocitat variable. A través de l'electrònica de potència, s'injecta un corrent en el de banament del rotor del generador. El de banat de l'estator del generador està connectat directament a la xarxa. La freqüència del corrent injectada en el de banament del rotor és variable, per això queden desacoblades la freqüència elèctriques i mecàniques. En fer-se això, es permet el funcionament amb velocitats variables. Una caixa de canvi adapta les diferents velocitats del rotor i el generador.

Els generadors síncrons usen un segon concepte de velocitat variable. Aquestes turbines no tenen una caixa de canvi. El generador i la xarxa queden totalment desacoblades mitjançant electrònica de potència. En aquesta configuració, també es pot operar amb velocitats variables.

G. Sistema de frenada

Les turbines eòliques estan equipades amb sistemes de seguretat molt avançats. El sistema de frenada de discos permet, en situacions d'emergència o de manteniment, aturar el molí.

H. Sistema de control

Un cop posat en marxa un molí eòlic, queda totalment automatitzat amb sistemes de control format per ordinadors. Aquests manegen la informació que subministren el penell i l'anemòmetre col·locats sobre de la gòndola per orientar el molí i les pales de manera que la generació s'optimitzi el màxim possible. Tota la informació sobre l'estat de la turbina es pot enviar de forma remota a un servidor central.

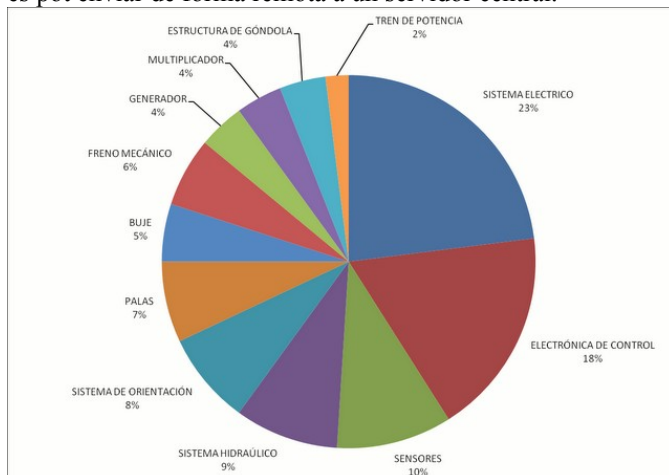


Fig. 3 Distribució de fallades d'aerogeneradors per element.

IV. CONNEXIÓ A LA XARXA ELÈCTRICA

Actualment l'ús de generadors per la conversió de l'energia mecànica rotatòria procedent del rotor en energia elèctrica es limita als generadors d'inducció i els generadors síncrons. Existeixen una gran varietat de configuracions que determinen el comportament global de l'aerogenerador, tanmateix, a continuació es mostren les tres més utilitzades:

A. Aerogeneradors de Velocitat Fixa

En els generadors de velocitat fixa amb generadors d'inducció amb gàbia d'esquirol és necessari utilitzar una caixa multiplicadora i un compensador de reactiva per reduir la demanda de potència reactiva a la xarxa. El sistema de regulació pot ser tant per variació de l'angle de pas, per pèrdua aerodinàmica com per pèrdua activa. Aquests aerogeneradors es troben directament connectats a la xarxa, sense convertidor, pel que no és possible regular ràpidament (en pocs ms) la potència activa. La regulació passiva per pèrdua aerodinàmica no permet controlar la potència activa, per tant, si és necessari controlar-la s'ha de recórrer a la variació de l'angle de pas o a la pèrdua activa aerodinàmica.

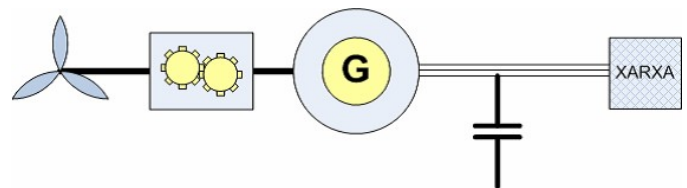


Fig. 4 Esquema d'un aerogenerador de velocitat fixa.

Aquest tipus de turbines transmeten les variacions de potència de la turbina a la xarxa, sense esmorteir-la, el que fa que la potència activa entregada a la xarxa sigui molt variable, amb molts pics en cas de vents en ràfegues. Per altra banda, també transmeten l'efecte ombra que produeixen les pales al passar per davant de la torre, en la regió de 3 a 8 Hz, causant variacions ràpides de tensió, anomenades Flicker.

La regulació de la velocitat de gir només és possible si es poden canviar el nombre de pols de la màquina o es tenen dos generadors de dues velocitats de gir diferents. El mateix passa amb la regulació de reactiva, ja que aquest tipus de generador necessita consumir reactiva de la xarxa per crear un corrent magnetitzant que exciti l'estator. La compensació d'aquesta reactiva només es pot regular en un petit marge amb una bateria de condensadors per obtenir un factor de potència semblant a la unitat.

B. Aerogeneradors de Velocitat Variable amb Màquina d'Inducció Doblement Alimentada

En els generadors de velocitat variable, el control de potència és més exacte, ja que es recorre a una regulació activa tant per variació de l'angle de pas com per variació de

C. Connexió de les subestacions al centre de control

Per la connexió de les subestacions amb el centre de control també hi ha varies opcions, què en gran mesura dependran de la localització del parc i el centre de control.

En cas de trobar-se aprop de centres urbans o línies de comunicació, segurament les millors opcions siguin utilitzar Internet, cosa que requerira de fortes mesures de seguretat, o una línia privada, que serà més cara.

En cas contrari segurament sigui més recomanable utilitzar comunicació per radio, ja el cost de l'estesa de cablejat podria ser prohibitiu.

D. Smart Grid

Com que l'energia eòlica no es controlada, es especialment important la implantació d'una xarxa intel·ligent (Smart Grid) capaç de coordinar de manera automàtica els diferents parcs i reaccionar ràpidament i de manera adequada davant d'averies, canvis en el consum i en la generació [9]. Això és especialment important en parcs "offshore", ja que els seus costos de manteniment son molt més elevats [10].

VI. CONCLUSIONS

Aquesta energia creiem que es necessària per un futur, per això hem triat aquest treball. Es tracta d'una energia que es pot desenvolupar molt més i dia a dia s'estan desenvolupant, en particular en relació amb tecnologies Smart Grid, cosa que incrementara la importància de les TIC en la generació d'energia eòlica. A més hi ha informació sobre molts plans i projectes pel 2015 sobre aquesta energia. No cal mencionar que es tracta d'energia neta però creiem que està poc optimitzada i sobretot poc utilitzada i es podria explotar molt

més. Per tant, en resum, creiem que es una energia indiscutible pel futur però que té molt a optimitzar.

VII. AGRAÏMENTS

Volem agrair a la Teresa i el Jesus la seva orientació en la cerca de la informació i el disseny de l'article.

REFERÈNCIES

- [1] (2012) energiadoblezero. [Online] Disponible: <http://energiadoblezero.com/energias-renovables/energia-eolica>
- [2] (2012) Oil Crash Observatory. [Online] Disponible: <http://oilcrash.net/2011/12/16/viabilidad-y-limites-de-las-energias-verdes/>
- [3] (2012) Energías Renovadas. [Online] Disponible: <http://energiasrenovadas.com/aerogeneradores-con-las-palas-mas-ligeras/>
- [4] Ekanayake, J., Holdsworth, L., Jenkins, N. *Control of DFIG Wind Turbines*. Power Engineer, febrer 2003.
- [5] Wasynczuk, O., Man, D. T., Sullivan, J. P., *Dynamic Behavior of a Class of Wind Turbine Generators during Random Wind Fluctuations*. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. 100, nº 6, 1981.
- [6] Marcus V. Av Nunes, J.A. Peças Lopes. *Influence of the Variable-Speed Wind Generators in Transient Stability Margin of the Conventional Generators Integred in Electrical Grids*. IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 19, nº 4, desembre 2004.
- [7] W.Y. Young, M.A. Rumsey, J.E. Stamp, J.D. Dillinger, *Communication Vulnerabilities and Mitigations in Wind Power SCADA Systems*, 2003, SAND03-1649. Disponible (2012): <http://windpower.sandia.gov/other/031649c.pdf>
- [8] B. Lewke, J. Kindersberger, F. Krug, *EMI Analysis of a GSM 900 MHz Antenna for a Large Wind Turbine Hub with Method-of-Moments*. Disponible (2012): <http://ieeexplore.ieee.org/>
- [9] Mu Wei, Zhe Chen, *Intelligent Control on Wind Farm*. Disponible (2012): <http://ieeexplore.ieee.org/>
- [10] Trinh Hoang Nguyen, Andreas Prinz, Trond Friisø, Rolf Nossun, *Smart Grid for Offshore Wind Farms: Towards an Information Model based on the IEC 61400-25 Standard*. Disponible (2012): <http://ieeexplore.ieee.org/>

Microturbines Eòliques

Jordi Bisbal¹, Aleix Fargas², Juan Ma Pacheco³, Vicenç Pio⁴, Marc Rivero⁵

Segon curs d'Enginyeria TIC

¹jordi.bisbal@upc.edu

²aleix.fargas@upc.edu

³juan.manuel.pacheco@upc.edu

⁴vicenc.pio@upc.edu

⁵marc.rivero@upc.edu

Les microturbines eòliques són uns sistemes de producció d'energia sostenible, respectuosos amb el medi ambient i amb un reduït impacte visual de la zona. A causa de la extraordinària semblança amb les macro-turbines en el que és refereix a estructura i funcionament, el nostre treball conté força part de macro-turbines i d'altres parents d'aquesta família de generadors eòlics. També hem inclòs una mica d'història i introducció als generadors d'energia eòlica en general, tal i com el funcionament i estructura d'aquests, i hem estudiat la seva classificació per tipus juntament amb les seves aplicacions reals i avantatges que té. Llavors, hem fet un pressupost del cost aproximat d'alguna microturbina eòlica, i un pressupost aproximat del manteniment d'aquesta. Finalment, hem tret les respectives conclusions sobre les turbines eòliques en general.

I. INTRODUCCIÓ

La producció d'energia elèctrica eòlica normalment s'associa a la imatge de grans llocs amb nombroses i enormes màquines en els pujols o en mar obert: instal·lacions sovint rebutjades per les persones per l'impacte visual sobre el paisatge i, quan estan prop dels habitatges, pel soroll continu que provoquen.

Les instal·lacions eòliques de petita grandària, en canvi, tenen un impacte visual i mediambiental substancialment nul, la seva grandària poc superior a la d'una antena parabòlica. Es poden utilitzar de forma aïllada o al costat de panells fotovoltaics, per proporcionar electricitat a zones aïllades o difícilment assolibles per la xarxa elèctrica (habitatges aïllats, reserves naturals, estacions meteorològiques, refugis alpins, etc.). Els generadors eòlics de petita grandària els trobem en els vaixells d'esbarjo per alimentar la nevera, el quadre de control, els llums, etc. Aquests es poden connectar a la xarxa nacional, proporcionant l'energia necessària a les infraestructures Turístiques (càmping, hotel, ports esportius, turisme rural, etc.) i a tots els usuaris propers a zones ventilades.

Les microinstal·lacions eòliques disposen d'un espai significatiu per a produir energia elèctrica a petita escala, de forma sostenible i compatible amb el medi ambient.

La mida de les turbines eòliques depèn principalment de la potència desitjada. Com més gran sigui la potència desitjada de la turbina eòlica, més gran haurà de ser l'àrea d'escombrat de les aspes.

Actualment es poden trobar aerogeneradors que van de 400W amb Ø d'escombrat d'1m, fins als immensos

aerogeneradors dels parcs eòlics de 2.500 KW amb 80 m de Ø d'aspes.

A continuació fem una introducció històrica del perquè i com sorgeixen els aerogeneradors. En la secció 3 es descriu el funcionament d'aquests i els seus components. En la secció 4 definim els diferents tipus de microturbines. A continuació, en la secció 5 llistem les possibles aplicacions en que s'empren les microturbines. En la secció 6 parlem de la part econòmica en la instal·lació d'aquests aparells. També parlem de la gestió i el manteniment. Per últim, en la secció 7 donem un exemple d'una casa sostenible emprant microturbines amb altres fonts d'energia renovable.

II. HISTORIA I PROBLEMÀTICA A RESOLDRE

Encara que l'aprofitament de l'energia eòlica data de les èpoques més remotes de la humanitat (els egipcis ja navegaven a vela l'any 4.500 a. c.) la primera notícia que es té de les turbines es refereix a un molí que Heron d'Alexandria va construir al segle II a. c. per proporcionar aire al seu òrgan musical (ref.). Els molins més antics que es coneixen eren d'eix vertical.

Cap al segle VIII van aparèixer a Europa, procedents de l'est, grans molins d'eix horitzontal amb quatre aspes. La seva fabricació en gran nombre, en particular pels holandesos, els va fer aconseguir una gran fermesa, malgrat que, a causa de les dimensions de les seves aspes distaven molt de recollir una màxim de potència. Necessitaven una regulació de l'orientació de la tela. Sempre succeeix això en els molins de vent d'eix horitzontal que han de treballar sempre enfront del vent. Aquests molins eren molt adequats per a vents de l'ordre de 5 m/s (20 Km/h) (ref.).

És a partir dels segles XII-XIII quan comença a generalitzar-se l'ús dels molins de vent per a l'elevació d'aigua i la mòlta de gra, els més antics van aparèixer a Turquia, a Iran i a Afganistan a principis del segle XII. Europa es va omplir al seu torn de molins, sobretot a Bèlgica i als Països Baixos. Els molins d'Holanda tenen 4 aspes de lona, mentre que els de Balears i Portugal en tenen 6, i els de Grècia, 12. Els molins amb gran nombre de pales determinen velocitats de rotació relativament baixes i un funcionament útil a partir de velocitats del vent de l'ordre de 2 m/s.

Tots aquests molins es mantindran fins a ben entrat el segle XIX. El desenvolupament dels molins de vent s'interromp amb la revolució industrial i la utilització massiva de vapor, l'electricitat i els combustibles fòssils com a fonts d'energia

motriu. És no obstant això en la segona meitat del segle XIX quan té lloc un dels més importants avanços en la tecnologia de l'aprofitament del vent, amb l'aparició del popular "model multi-pala americà", utilitzat per a bombament d'aigua pràcticament a tot el món, i que les seves característiques haurien d'asseure les bases per al disseny dels moderns generadors eòlics.

Va ser entre les guerres mundials quan van aparèixer, com a conseqüència dels progressos tècnics de les hèlixs d'aviació, els projectes de grans aerogeneradors de dues o tres pales. Es va tendir a construir gairebé únicament els de dos, ja que resulten mes barats. Fins i tot es va pensar a utilitzar una única pala equilibrada amb un contrapès. Actualment predominen els molins tripales. Aquests aerogeneradors giren més ràpidament que els multipales, la qual cosa constitueix un avantatge quan es tracta d'alimentar màquines de gran velocitat de rotació com els alternadors elèctrics. Els grans aerogeneradors estan situats a la part alta d'una torre tronco-cònica d'acer.

Els aerogeneradors d'eix vertical tenen l'avantatge d'adaptar-se a qualsevol direcció del vent. No precisen dispositius d'orientació. En la seva forma mes moderna deriven tots ells de l'inventor Francès Darrieus el 1925. El seu estudi va tornar a iniciar-se a Canadà al 1973 i a Estats Units a partir de 1975.

A continuació hi han varis exemples d'aerogeneradors construïts al llarg de la història.

ANY	LLOC	DESCRIPCIÓ
1929	França	És va construir el primer aerogenerador però es va trencar a causa d'una violenta tempesta.
1929	Brouget	La companyia electromecànica va construir i va instal·lar un aerogenerador de dues pales de 20 metres de diàmetre. L'aparell va ser destruït per les ràfegues de vent.
1931	Crimea	És va posar en funcionament un aerogenerador de 30 metres, que havia de proporcionar 100 kW a la xarxa de Sebastopol, la mitjana durant dos anys va ser de 32 kW.
1941	Vermont	la NASA va construir un bipala de 53 m de diàmetre, previst per a una potència màxima d'1.250 kW, les primeres proves, iniciades a l'octubre de 1941 van continuar durant uns 15 mesos. Un petit incident el 1943 va bloquejar la màquina durant dos anys, ja que les dificultats lligades a la guerra van retardar la fabricació de peces noves.

		Tornat a engegar, l'aerogenerador va proporcionar corrent al sector durant vint-i-tres dies, després es va trencar una de les pales i es va abandonar el projecte.
1955-1957	Est de Stuttgart	Un aerogenerador de dues pales de 34 metres de diàmetre, de fibra de vidre. Aquesta màquina va funcionar fins a 1968.
1957	Dinamarca	És va construir el "Gedser Mill", hèlix de tres pales de 24 metres de diàmetre que va funcionar fins a 1968. Produïa 200 kW amb una velocitat del vent en l'eix de la màquina de 15 m/s.
1958-1962	França, Nogent-li-Roy	L'aerogenerador "Best Romani" tri-pala de 30 m de diàmetre amb xapes d'aliatge lleuger. Podia proporcionar 800 kW a la xarxa amb un vent de 60 Km/h. Aquesta màquina experimental va aportar un gran nombre d'informacions sobre el seu funcionament en condicions reals d'explotació.
1962	Saint-Rémy-donis-Landes	La companyia Neyrpic va instal·lar dos aerogeneradors de tres pales. El primer de 21 metres de diàmetre i que produïa 130 kW de potència, va funcionar fins a març de 1966. L'altre, de 35 metres i previst per produir 1.000 kW, va proporcionar una potència satisfactòria durant les proves, però per la ruptura d'un palier el 1964 va fer que s'abandonés el programa d'estudis.
1978	EUA	La BOEING estudia un altre model, ideal per als vents mitjans de les grans planes, que amb 91 metres de diàmetre produeix 2,5 MW.
1980	Califòrnia	La florida californiana de l'energia eòlica es va deure en gran part a una política fiscal favorable i als alts preus que pagaven les elèctriques per l'energia d'origen. Tots dos incentius s'han suprimit actualment, però l'energia d'origen eòlic continua creixent, tot i que a un ritme més lent.

III. FUNCIONAMENT I COMPONENTS

El funcionament d'un aerogenerador es mostra en la fig. 1. La força del vent es captada per les aspes que ho transmeten al rotor. Les aspes giren gràcies a una depressió que es crea en aquestes mateixes, atès que tenen la forma de l'ala d'un avió.

Això permet que el vent circuli a través de la zona de menys resistència a aquest. Tot seguit, l'energia mecànica captada pel rotor es transmetrà al generador que la transformarà en energia elèctrica. Finalment aquesta energia és la que es subministrada a la xarxa.

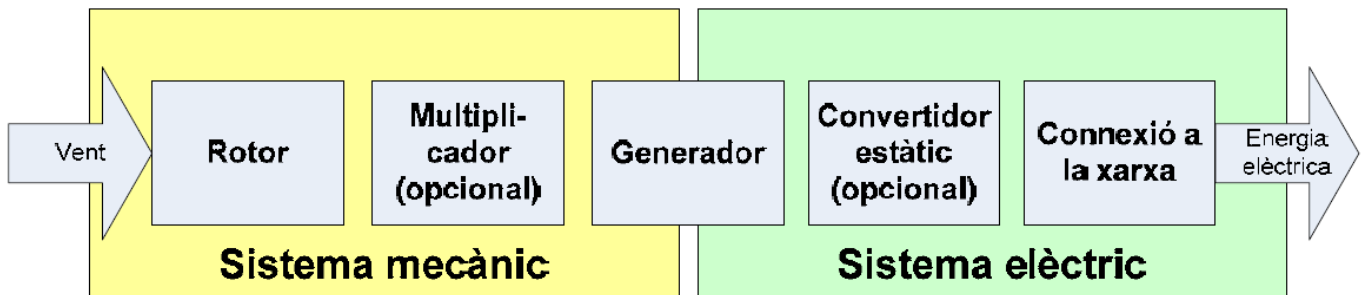


Fig. 1. Esquemàtic de funcionament d'una turbina

La fig. 2 mostra els components principals d'un aerogenerador, dels qual descrivim els més importants.

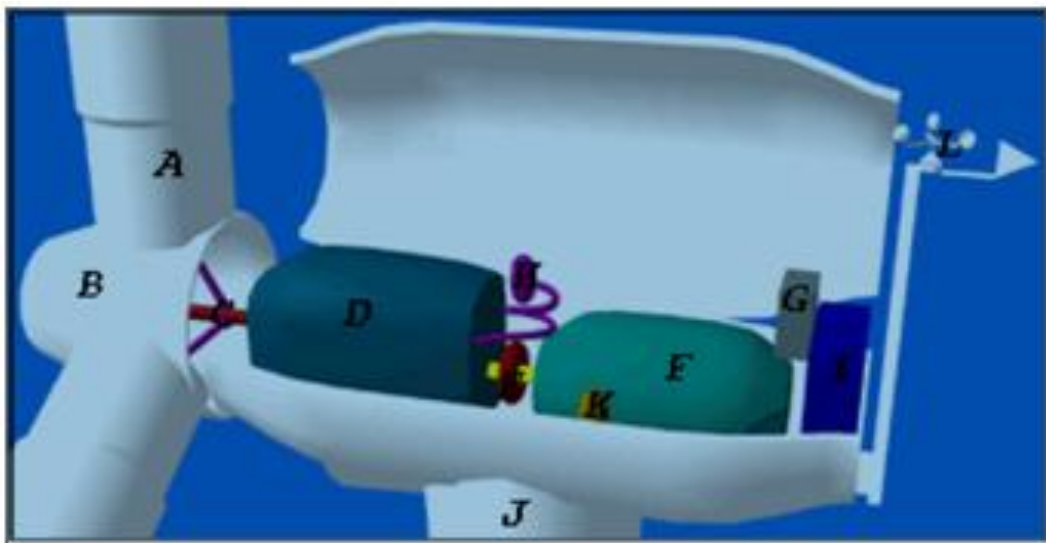


Fig. 2. Components d'una microturbina

A. Pales del rotor:

Són les encarregades de capturar el vent i transferir aquesta força al rotor. Se sap que el menor nombre de pales produeix girs més ràpids i que la velocitat punta de la pala es definida com:

$$\text{Velocitat punta pala} = \frac{\text{Velocitat punta del rotor}}{\text{Velocitat del vent}}$$

Cal destacar, que per una banda si la punta de la pala té una gran velocitat produeix una gran vibració al rotor, però una major velocitat permet augmentar molt la generació de corrent.

Les turbines eòliques poden tenir diferent nombre de pales al rotor. Segons el nombre de pales, aquestes es poden classificar en monopales, bipales o tripales (fig. 3). Les més emprades són les últimes, ja que són les que presenten més equilibri dinàmic al rotar i fan menys soroll.

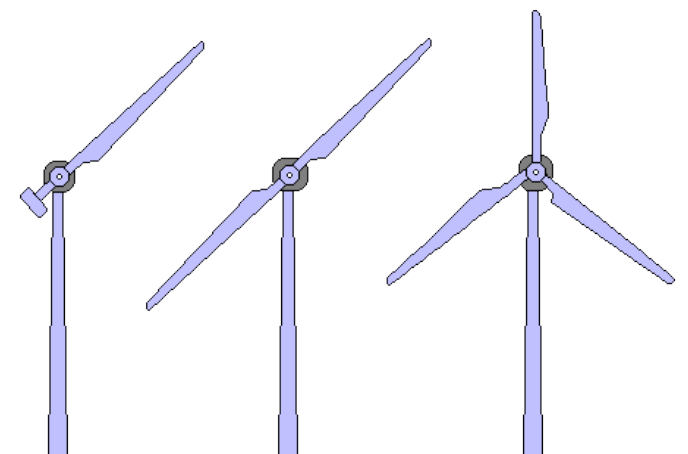


Fig. 3. Tipus de pales

C. Eix de baixa velocitat: Connecta el rotor amb la caixa d'engranatges. És l'encarregat d'operar amb els frens per reduir-ne la velocitat.

D. Caixa d'engranatges: Fa que l'eix d'alta velocitat giri 50 vegades més ràpid que el de baixa velocitat, per tant n'augmenta la velocitat i l'energia produïda.

E. L'eix d'alta velocitat: És el responsable de manejar el generador elèctric. Aquest té integrat un fre d'emergència que s'utilitza cas de que falli el fre aerodinàmic o que la microturbina s'estigui reparant.

F. Generador elèctric: Aquest genera l'electricitat mitjançant la velocitat que li arriba de tot el cicle, és a dir transforma la energia mecànica en elèctrica.

G. Controlador electrònic: Conté una computadora que supervisa el funcionament de la turbina eòlica i controla el mecanisme d'orientació. En el cas d'un funcionament defectuós(ex: escalfament de la caixa d'engranatges o del generador)atura la turbina i crida automàticament a la computadora del operador de la turbina, a través d'una connexió de mòdem de telèfon.

H. Sistema hidràulic: S'utilitza per calibrar automàticament els frens aerodinàmics de la microturbina.

I. Unitat de refredament: Conté un ventilador elèctric que s'utilitza per refrescar el generador elèctric.

J. Torre: És el suport de la microturbina(en ocasions aquesta no s'inclou). Com més alta és la torre més potencia s'obtindrà, ja que les velocitats del vent augmenten més amb l'alçada. Aquestes poden ser:

- **Tubulars:** la majoria són així ja que pel personal és més fàcil fer-ne el manteniment, mitjançant l'escala interior.
- **Reticulars:**Tenen l'avantatge que són més barates (fig. 4).



Fig. 4. Torre reticular

K. Mecanisme d'orientació:Aquest és l'encarregat d'orientar la microturbina quan el vent canvia la direcció.

L. Penell i anemòmetre:S'utilitzen per mesurar la velocitat i la direcció del vent. L'anemòmetre emet unes senyals electròniques que són captades pel controlador electrònic,que permet engegar la microturbina quan superem el mínim de velocitat , o bé parar-la per precaució, en el cas que la velocitat del vent sigui molt elevada.

IV. TIPUS DE MICROTURBINES

A diferència dels grans aerogeneradors que tenen una estructura igual a la descrita en la secció 2, en el món de les microturbines ens trobem amb una gran varietat de dissenys. Una classificació pot ser en funció de la posició de l'eix vers la direcció del vent, en aquest cas es parla d'aerogeneradors d'eix vertical o horitzontal.

A. Aerogeneradors d'Eix vertical o VAWT (Vertical Axis Wind Turbine):

En aquest tipus d'aerogeneradors l'eix de rotació és perpendicular a la direcció del vent. Els aerogeneradors d'eix vertical presenten certs avantatges sobre les d'eix horitzontal. A causa de la seva simetria vertical, no necessiten sistemes d'orientació per alinear l'eix de la turbina amb la direcció del vent, el seu manteniment és més senzill, donada la seva poca altura pel que fa al sòl i en el cas que es treballi a velocitat constant, no és necessari incorporar cap mecanisme reductor, menor cost d'instal·lació.

Però no tot són avantatges ja que necessiten un motor d'arrencada, presenten menor velocitat de gir i el seu rendiment és menor que el de les màquines d'eix horitzontal a igual potència.

Existeixen dos dissenys bàsics:

Savonius: consisteix en 2 o més files de semicilindres col·locats oposadament, treballa en velocitats de vent baixes i posseeix bones característiques aerodinàmiques per la posada en marxa automàtica i per l'autoregulació (fig. 5).

Darrius: compost per 2 o 3 pales de forma ovalada de perfil aerodinàmic, posseeix característiques similars a les turbines d'eix horitzontal però amb menor potència i presentant un parell d'arrencada molt petita (fig. 6).



Fig. 5. Savonius



Fig. 6. Darrius

B. Aerogeneradors d'Eix Horitzontal:

L'eix de rotació és paral·lel a l'adreça del vent, és similar a la dels clàssics molins de vent. En aquest cas hi ha també diferents dissenys:

Aerogeneradors lents: en general, estan constituïts per un nombre elevat de pales, multipales, que cobreixen gairebé tota la superfície del rotor. Posseeixen un elevat parell d'arrencada, gràcies al qual poden iniciar el funcionament fins i tot amb velocitats de vent molt baixes. La seva baixa velocitat de

rotació fa que siguin poc útils per a la producció d'electricitat, sent el seu ús més freqüent per al bombament d'aigua.

Aerogeneradors de velocitat intermèdia: tenen entre 3 i 6 pales i les seves prestacions estan compreses entre les corresponents als dos casos anteriors. S'utilitzen quan les condicions de vent no són molt favorables i en general són de petita potència. La seva aplicació principal és en equips autònoms per a producció d'electricitat.

Aerogeneradors ràpids: presenten un parell d'arrencada petita i requereixen velocitats de vent de l'ordre de 4 a 5 m/s

per a la seva engegada. La majoria posseeixen tres pales i s'utilitzen per a la producció d'electricitat, a través del seu acoblament amb un alternador. La seva gamma de potències és molt àmplia, va des de models d'1 kW, usats en instal·lacions autònomes, a models de gran potència.

V. APLICACIONS

Com aplicacions de les microturbines destaquem el cas de l'ús domèstic i en nuclis urbans.

Microturbines eòliques per ús domèstic:



Imatge d'un aerogenerador domèstic



Esquema del funcionament d'un habitatge amb un aerogenerador

Fig. 7.

Les instal·lacions d'ús domèstic les microturbines solen tenir un \varnothing d'aspes entre 1 i 5 m, capaces de generar de 400w a 3.2 KW. A diferència de les grans turbines, poden aprofitar vents més lents i engegar a menys velocitat.

Per aconseguir un bon rendiment, és necessari que les microturbines s'instal·lin en llocs molt ventosos, on el vent hi sigui present la major part dels dies de l'any, amb una velocitat mitja anual de 13 km/h.

Microturbines en edificis d'àrees urbanes:

Disposar de l'energia renovable en l'àmbit domèstic ja no és només per a cases aïllades amb espai suficient en l'entorn immediat per ubicar una torre d'uns 9 m d'alçada amb una turbina d'uns 3m de \varnothing . Actualment, ja es poden trobar microturbines en les àrees urbanes.

Aquestes turbines de diàmetre força més petit van ancorades a la part més alta dels edificis, deixant que sigui el propi edifici qui faci de torre. L'objectiu d'aquestes microturbines, és el d'aconseguir un estalvi important en la factura elèctrica (20%-30%).

Les turbines eòliques muntades en els edificis d'àrees urbanes només tenen sentit on hi hagi vent suficient, quan no necessitin manteniment durant deu anys i que el seu cost sigui inferior a 2.500 €. La recuperació de la inversió depèn en gran mesura de la velocitat del vent, que varia molt d'una zona a una altra.

L'instal·lació d'aquestes turbines no són viables en llocs on la velocitat del vent sigui inferior a 4,5 m/s, o que estiguin situats prop d'edificis més alts o d'altres causes importants de turbulència del vent.



Fig. 8. Exemples de microturbines en àrees urbanes

A l'hora de decantar-nos per un tipus de sistema de microturbines, s'ha de tenir molt en compte que els sistemes de microgeneració eòlica de fins a 1 kW costaran aproximadament 1.860 € mentre que sistemes més grans en l'interval de 2,5 a 6 kW constarien entre 13.600 € i 23.500 €. Aquests costos inclouen la turbina, la torre, els inversors, bateries d'emmagatzematge i l'instal·lació. Aquestes turbines poden tenir una durada de 22,5 anys però requereixen inspeccions tècniques cada pocs anys per assegurar l'eficiència del seu funcionament. Per als sistemes d'emmagatzematge en bateries, la durada normal de la bateria és d'uns sis a deu anys, depenent del tipus, de manera que potser cal canviar les bateries en algun moment durant la vida del sistema.

VI. GESTIÓ, COSTOS I MANTENIMENT DE LA INSTAL·LACIÓ

L'estudi de viabilitat d'una instal·lació és tasca dels projectors, dels assessors o dels mateixos constructors. Es tracta de fet d'una activitat bastant complexa en la qual s'ha de tenir en compte, entre altres circumstàncies:

Els costos inicials: aquestes instal·lacions de potencia inferior a 100kW poden variar els preus de 1000 a 3000 €/kW.

Reducció dels costos anuals de l'electricitat com a resultat de la producció de la mateixa pel sistema d'energia eòlica: ha de tenir en compte expectatives futures del preu de l'electricitat.

Possibles **programes de suport** per part del Govern, per exemple, subvencions o incentius fiscals per fomentar l'ús dels sistemes d'energia eòlica.

Elecció de les màquines: ha de ser de la potencia adequada i per tal d'adequar-se a les necessitats del lloc, ha de ser de la grandària, el pes i la resistència al vent adequades.

A banda d'aquesta avaluació econòmica, l'energia mini eòlica proporciona altres beneficis addicionals, tals com:

Costos associats a l'emissió de CO2 (matèries primeres, construcció i manteniment) i **protecció del clima:** els sistemes d'energia eòlica no emeten gens de diòxid de carboni durant el seu funcionament.

Augment de l'eficiència de la xarxa elèctrica: si l'energia es genera prop del punt de consum, les pèrdues a la xarxa elèctrica disminueixen.

Menors costos de servei: després de la seva inversió inicial en energia eòlica, la factura mensual es veurà reduïda; el vent, després de tot, és gratis.

Seguretat de subministrament: si usa un sistema amb bateries d'emmagatzematge, el seu sistema eòlic pot funcionar encara que no se subministri electricitat de la xarxa.

Si el resultat econòmic procedent de l'estudi de viabilitat proporciona un resultat acceptable, es pot passar a la fase d'autorització i de construcció.

Consolidada la intenció de realitzar una instal·lació amb micrò turbines eòliques és oportú contactar amb productors d'aerogeneradors (possiblement més d'un). A través de la seva experiència i mitjançant la comparació directa entre les possibles solucions relatives al lloc específic, es podran realitzar les eleccions tècniques més oportunes.

Sovint, en les aplicacions a petita escala els constructors poden també oferir un assessorament en la fase de disseny de les obres.

Considerant la senzillesa constructiva d'una micrò instal·lació, el manteniment i la gestió són bastant senzills. De fet, les micromàquines eòliques avui al mercat, han estat dissenyades també amb l'objectiu de reduir al mínim les intervencions. Normalment les operacions de manteniment poden ser realitzades pel propi usuari; com a alternativa molts constructors ofereixen contractes de manteniment amb costos raonables.

La gestió es pot fins i tot realitzar a distància, a través de sistemes de comandament i telecomunicació que permeten, mitjançant un ordinador, rebre dades i enviar ordres a la instal·lació.

VII. EXEMPLE D'UNA CASA SOSTENIBLE AMB MICRO SISTEMES EÒLICS I ALTRES.

Un exemple de casa sostenible, contaria amb varies fonts d'energia, una de les quals ens afecta directament a nosaltres amb la energia produïda mitjançant les micrò turbines eòliques.

Les energies i els components serien els següents:

Plaques / Mòduls solars:

La primera es la energia que rebem directament del sol, l'energia solar que aprofitaríem mitjançant les plaques fotovoltaïques instal·lades en la nostra casa sostenible.

Les plaques o mòduls solars fotovoltaics utilitzen certs materials semiconductors, com el silici, que absorbeixen els fotons i els converteixen en un corrent continu d'electrons, és a dir, en electricitat. Aquesta electricitat es recull mitjançant uns fils metàl·lics que al final la condueixen cap al regulador.

Generadors eòlics / microturbines.

L'energia eòlica seria la nostra segona font d'energia de la qual disposaria la nostra casa sostenible (fig. 9).

Reguladors de càrrega i bateries.

La nostra casa sostenible necessita comptar amb reguladors de càrrega i bateries per emmagatzemar l'energia produïda mitjançant els nostres sistemes sostenibles.

Regulador: el regulador de càrrega controla l'entrada d'electricitat en la bateria provinent del mòdul fotovoltaic o generador, protegint contra sobrecàrregues o baixades de tensió, que puguin fer-la malbé. Els models més avançats tenen capacitat de posar en marxa un generador per produir electricitat quan la bateria té el risc de descàrrega total, que també la faria malbé.

La càrrega de les bateries es realitza en tres fases per un cycle complet, una primera a màxima intensitat fins a un cert voltatge, una segona a voltatge constant per absorció d'energia, i una tercera mantenint i alternant un voltatge i intensitat baixos per mantenir la càrrega de la bateria.

Aquests dispositius avui en dia son molt avançats, poden treballar a diferents voltatges automàticament i els models més



Fig. 9. Aerogenerador

sofisticats disposen de seguiment de punt de màxima potència (MPPT) per aconseguir un rendiment òptim.

Bateria(fig. 10):Normalment el corrent generat no és consumit a l'acte, pel que és necessari emmagatzemar en un bloc de bateries per a que estigui disponible quan resulti necessari. La immensa majoria de les bateries són de plom-àcid, és a dir, estan formades per uns elèctrodes de plom immersos en una solució electrolítica (aigua amb àcid sulfúric).

Tenim diversos models de bateries, des monoblocs a 12v (només una bateria), a OPZS en gots de 2v (6 bateries per a un sistema a 12v) aquestes utilitzades per a major acumulació d'energia i amb una vida útil més prolongada. També hi ha bateries de Gel o Ag amb solucions àcides no líquides per a aplicacions on la bateria patiria moviments que podrien fer-se malbé per pèrdua d'àcid.

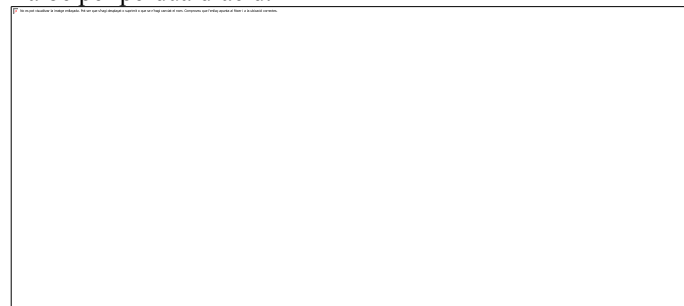


Fig. 10. Diferents tipus de bateries

Inversor: L'inversor és l'encarregat de la conversió del corrent continu produït pel camp fotovoltaic en corrent altern similar a la dels endolls de casa, que és l'única utilitzable en l'alimentació dels electrodomèstics convencionals.

L'inversor també sol ser l'encarregat de posar en marxa el grup generador en el cas que disposem d'un inversor carregador, equipat també amb carregador de bateries integrat utilitzant energia provinent d'un generador de gasolina per exemple. Els inversors poden ser d'ona sinusoïdal pura, modificada o quadrada. Aquests poden ser més sofisticats o menys depenent de l'aplicació que necessitem, és a dir per alimentar aparells amb delicades necessitem probablement un inversor de sinusoïdal pura.

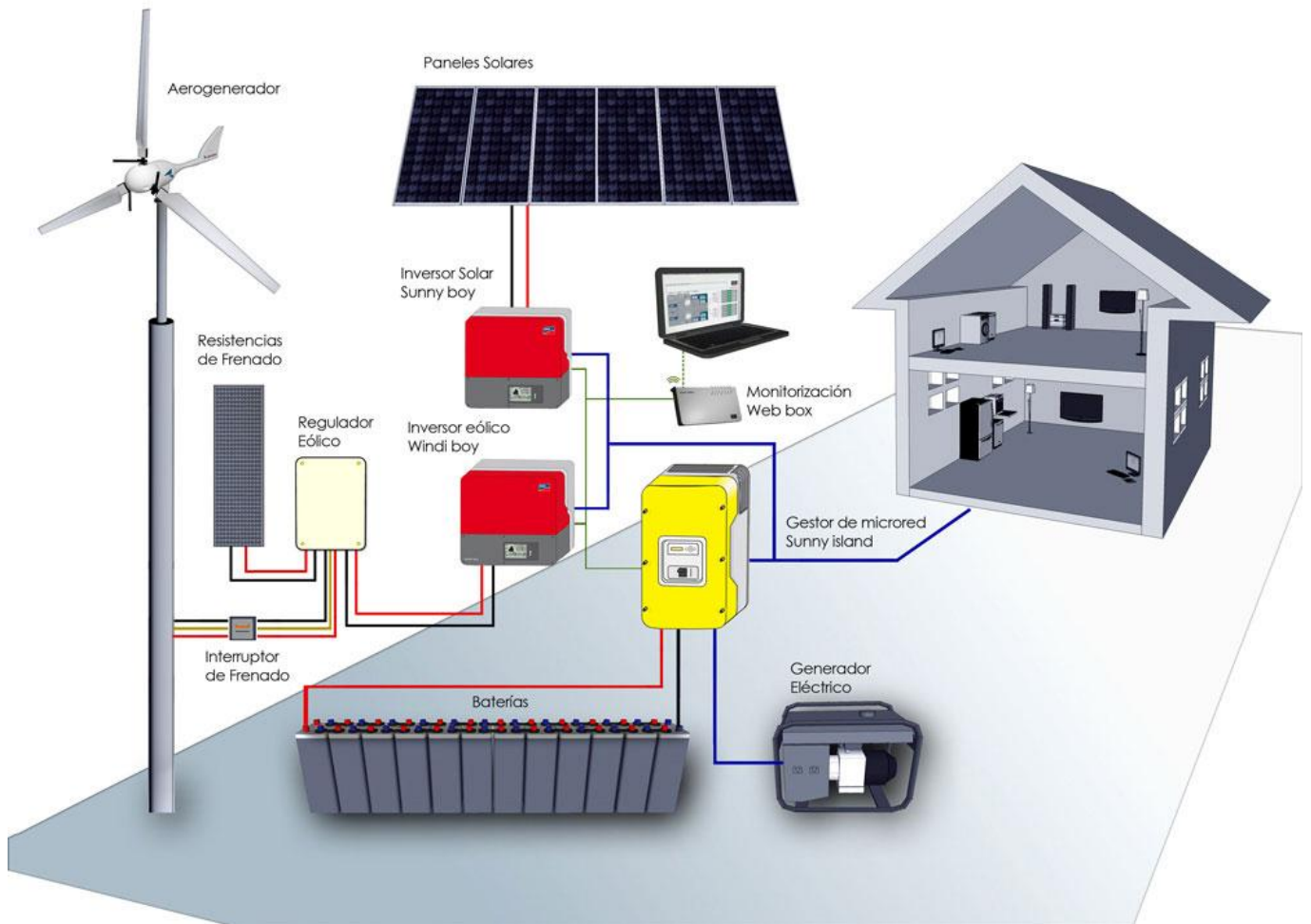


Fig. 11. Esquema de casa amb instal·lació microeòlica amb suport fotovoltaic

El sistema de casa proposat comporta de un micrò sistema eòlic, l'aerogenerador, amb les seves resistències de frenat, per reduir el màxim voltatge produït, juntament amb el regulador eòlic, i el seu inversor eòlic, que ens permet convertir el corrent altern produït pel sistema en la corrent que tindrem a casa.

El següent sistema del que compta la nostra casa sostenible es la placa solar que es l'encarregada de produir l'energia elèctrica en els dies que no tenim vent. També compta del seu inversor corresponent per a adaptar l'energia produïda per la placa en energia produïda pel sistema elèctric de la casa.

Apart dels nostres sistemes sostenibles en la nostra casa ecològica, hauríem de comptar amb un generador elèctric de gasoil, per aquells dies en els quals estigui núvol i no tinguem presència del vent.

Tota l'energia produïda pels nostres sistemes sostenibles (eòlic i fotovoltaic) està monitoritzada per un sistema de control que esta format per un ordinador connectat a la xarxa, sabent en qualsevol moment l'energia que generen els nostres sistemes.

Les microturbines son un mètode per obtenir energia elèctrica, barata que contamina poc i que te un impacte mediambiental i visual baix. Malgrat tot, aquestes no tenen prou potència com per a substituir l'energia total consumida d'una llar, tot i que si que són útils si s'utilitzen juntament amb els mètodes convencionals o amb altres energies renovables.

Pel que fa el cost, es una inversió inicial elevada, però amb el pas del temps aquesta despesa es convertirà en rendible. A més a més, el manteniment requerit per les turbines és baix i poden estar deu anys sense la necessitat d'aquest.

En línies generals, invertir en microturbines eòliques és una idea innovadora i de futur, que actualment a Espanya no es té gaire en compte. En canvi, en altres països com és el cas de Estats Units, la gent ja s'ha modernitzat i gaudeix del rendiment que els hi proporciona aquestes.

VIII. CONCLUSIONS.

REFERÈNCIES.

- Wikipedia:

<http://wikipedia.org/>

http://es.wikipedia.org/wiki/Turbina_e%C3%B3lica

- Base de dades terminològiques:

<http://inhabitat.com/micro-wind-turbines-small-size-big-impact/>

- CECU:

<http://www.ceu.es/campanas/medio%20ambiente/rer&rue/htm/dossier/1%20eolica.htm>

- Noticia a l'EuropaPress:

<http://www.europapress.es/andalucia/sostenible-00672/noticia-endesa-instala-sistema-microgeneracion-eolica-turbinas-proyecto-smartcity-20120607171825.html>

- Understanding CHP:

http://www.understandingchp.com/appguide/Chapters/Chap4/4-2_Microturbines.htm