

## novosti i zanimljivosti

Uređuje: Mirko Klaić, dipl. ing.

### Američki plan za Sunčevu energiju

Do 2050. godine Sunčeva energija treba prekinuti ovisnost SAD-a o uvoznj nafti i drastično smanjiti emisiju stakleničkih plinova.

Dobro je poznato koliko su danas visoke cijene goriva za vozila i ulje za grijanje stanova. SAD su u ratu na Bliskom istoku djelomice i radi zaštite svojih interesa s obzirom na uvoz nafte. Kako Kina, Japan i druge države brzo povećavaju svoje potrebe za fosilnim gorivima, mogu se u budućnosti očekivati sukobi oko energije. Međutim, postrojenja koja izgaraju ugljen, naftu ili prirodni plin, kao i veliki broj vozila, nastavljaju ispuštati godišnje milijune tona onečišćivača i stakleničkih plinova u atmosferu, ugrožavajući planet.

Dobronamjerni znanstvenici, inženjeri, ekonomisti i političari predlažu razne korake kojima bi se postupno smanjila uporaba fosilnih goriva i emisija plinova. Ti koraci nisu jednostavni. SAD trebaju veliki plan da bi se oslobodile fosilnih goriva. Analize su potvrdile da je sveobuhvatna akcija prema Sunčevoj energiji logičan odgovor.

Sunčeva energija potencijalno je kao naručena. Energija Sunčevog zračenja koja pada na Zemlju svakih 40 minuta odgovara ukupnoj energiji potrošenoj na Zemlji u godinu dana. SAD »imaju sreću« da su bogate neplodnim zemljištem; najmanje 250 000 kvadratnih milja na jugozapadu podobno je za izgradnju sunčanih elektrana, jer to područje prima godišnju insolaciju i više od 1,3 mln TWh. Pretvaranje samo 2,5 % te radijacije u električnu energiju bilo bi dovoljno za pokrivanje svih potreba SAD-a u 2006. godini. U tom području su države: Kalifornija, Nevada, Arizona i N. Meksiko, a specifična radijacija ide i preko 7 kWh/m<sup>2</sup>/dan.

Pretvaranjem terena u sunčane elektrane ogromne bi površine bile prekrivene panelima sunčanih ćelija i sunčanim grijanjem s koncentracijom svjetlosti na cijevi s fluidom. Istosmjernim veleprijenosom bi se energija djelotvorno prenosila u sve druge krajeve SAD-a.

Tehnika je spremna. Na sljedećim stranicama prikazat ćemo veliki plan koji treba osigurati 69 %

električne energije, što znači 35 % ukupne energije (uključivo transport) za SAD u 2050. godini. Predviđa se da bi tu energiju potrošači plaćali po cijeni jednakoj današnjoj, oko 5 centi po kWh. Ako se budu odgovarajuće razvijala područja energije vjetra, biomase i geotermalna, obnovljivim izvorima energije osiguralo bi se 100 % električne energije, što znači 90 % ukupne energije u 2100. godini.

Savezna vlada bi trebala investirati više od 400 mrd \$ u idućih 40 godina da se dovrši plan do 2050. godine. Investicija je velika, ali je isplativost još veća. Sunčane elektrane troše malo ili ništa goriva, štedeći milijarde dolara godinu za godinom. Uklonit će se 300 velikih elektrana na ugljen i 300 elektrana na zemni plin te sve što troši fosilna goriva. Plan će eliminirati sav uvoz nafte, do temelja smanjiti trgovački deficit SAD-a i političku napetost na Bliskom istoku i drugdje. Budući da je sunčana tehnika potpuno bez emisije plinova, plan će također smanjiti emisiju stakleničkih plinova, koja se odnosi na proizvodnju električne energije, za 1,7 mrd tona godišnje i za drugih 1,9 mrd tona od vozila, koja će se sve više zamjenjivati hibridnim. U 2050. godini emisija ugljičnog dioksida SAD-a bit će 62 % ispod razine 2005. godine što će znatno usporiti globalno zatopljenje.

#### Tehnička rješenja

U zadnjih nekoliko godina troškovi proizvodnje sunčanih ćelija i modula znatno su se smanjili, što omogućava izgradnju velikih postrojenja. Postoji više tipova sunčanih ćelija, a zadnje su i razmjerno skupe, tzv. ćelije tankog filma od kadmijevog telurida. Da bi davale električnu energiju po cijeni od 6 centa po kWh u 2020. godini, moraju postići stupanj pretvorbe od 14 %, a investicije za instalaciju 1,2 \$ po vatu. Današnji moduli imaju djelotvornost 10 % i cijena instalacije je 4 \$ po vatu. Jasno je da je potreban napredak, ali tehnologija brzo napreduje; komercijalna djelotvornost porasla je od 9 % na 10 % u zadnjih 12 mjeseci. Iako komercijalni moduli nikad neće imati djelotvornost kao oni u laboratoriju, ćelije od kadmijevog telurida u *National Renewable Energy Laboratory* danas imaju djelotvornost od 16,5 % koja i dalje raste.

Veliko ograničenje kod Sunčeve energije jest, razumljivo, to da je proizvodnja električne energije za oblačnog vremena mnogo manja, a noću nikakva. Zbog toga se za sunčanog vremena mora proizvoditi više energije i spremati je, da bi se koristila noću. Najpoznatiji način spremanja energije su akumulatori, ali su skupi i neekonomični.

Spremnici sa stlačenim zrakom pokazuju se kao dobra alternativa. Električna energija iz sunčanih elektrana tlači zrak i utiskuje ga u podzemne kaverne, napuštene rudnike i bušotine plina i sl. Stlačeni zrak uzima se po potrebi za pogon plinskih turbina i proizvodnju električne energije uz dodatak male količine prirodnog plina. Nekoliko takvih postrojenja manje snage već radi u svijetu. Druga mogućnost je spremanje energije u otopljenjnoj soli, ali samo za nekoliko sati. Sunčeva energija reflektirana od žljebastih reflektora pada na cijev kroz koju struji fluid. Zagrijani fluid ulazi u rezervoare sa solju, gdje toplina prelazi na nju. Noću se energija iz otopljene soli uzima i pretvara u postrojenju u električnu energiju. Nekoliko takvih pokusnih postrojenja već je izgrađeno u svijetu. Metoda je praktična, ali se cijena mora sniziti.

Kako će sunčane elektrane biti smještene na razmjerno malom prostoru na jugozapadu zemlje, bit će potrebno ogromne količine električne energije prenositi od tog područja u sve krajeve zemlje, gdje i jesu najveći potrošači. Za tako velike snage i udaljenosti jeftinije rješenje je istosmjerni veleprijenos, jer su gubici energije manji i vodovi zahtijevaju manje površine zemljišta za trasu. Za potrošače smještene bliže, koristit će se standardni prijenos izmjeničnom strujom kao i u dalekim potrošačkim centrima za razvod između istosmjernog veleprijenosa i potrošača.

#### *Vremenski tijek plana*

Plan je podijeljen u dva dijela: prvi dio bi trajao od početka do 2020. godine. U tom razdoblju bi se obavile sve predradnje i sagradila postrojenja sunčanih ćelija i sustava s koncentriranjem svjetlosti na cijevi s fluidom ukupne snage od 84 GW. Svi proizvođači uključeni u plan bi usvojili proizvodnju i pripremili se za drugi, glavni dio plana. Također bi država riješila do kraja financiranje plana u ukupnoj vrijednosti od 420 mrd \$.

Za drugi dio, tj. razdoblje 2020.–2050. godine nisu predviđene nikakve značajnije promjene u odnosu na 2020. godinu, a povećanje potreba električne energije procijenjeno je na 1 % godišnje. Uz takav scenarij u 2050. godini bi sunčane elektrane proizvodile 69 % potrebne električne energije, što znači 35 % ukupne energije. Tu je uračunato i 344 milijuna novih vozila koja bi na neki način trošila

električnu energiju za svoj pogon. Veliko smanjenje uvoza nafte uravnotežilo bi trgovački dug za 300 mrd \$ godišnje računajući s cijenom barela sirove nafte od 60 \$.

Zvuči ironično, ali veliki plan smanjit će ukupnu potrošnju energije! Čak i sa 1 % godišnjeg povećanja potrošnje energije, 29,3 mln GWh potrošenih u 2000. godini past će na 27 mln GWh u 2050. godini. To je zbog toga što otpada velika količina energije potrebna za dobivanje i preradu fosilnih goriva.

Da bi se postigle projekcije 2050. godine, treba 46 000 kvadratnih milja sunčanih elektrana obje vrste. To je samo 16 % od spomenutog jugozapadnog područja. Predviđa se također da će oko 10 % potrebnih sunčanih elektrana u 2050. godini biti pojedinačne privatne na krovovima ili slično. Kako budu cijene padale, ti poslovi će se povećavati.

Svi zanimljivi podaci plana za 2007. godinu i 2050. godinu dani su u priloženoj tablici.

Iako su predviđanja za 50 i više godina unaprijed vrlo teška, ipak je složen scenarij za 2100. godinu. Tada bi ukupna potreba za energijom iznosila 41 mln GWh, tj. sedam puta više nego je današnja proizvodnja električne energije.

Radi potpunosti razmatrani su i najgori slučajevi smanjenja Sunčeva zračenja, kao što je bio slučaj na jugozapadu osamdesetih i devedesetih godina prošlog stoljeća i nakon erupcije vulkana Mount Pinatubo (Filipini), tj. dugotrajnog zamračenja zbog eruptiranog materijala u atmosferi. Nije uzet u obzir ni tehnološki napredak, iako će u 80 godina sigurno biti pozitivnih promjena.

Uz takve pretpostavke, u 2100. godini potrebe SAD-a za energijom osigurat će se sljedećim kapacitetima: 2,9 TW od sunčanih elektrana direktno u mrežu i drugih 7,5 TW namijenjenih za tlačenje zraka u svrhu akumulacije energije, 2,3 TW od sustava s koncentriranjem svjetlosti i grijanja fluida u cijevima i 1,3 TW od distribuiranih sunčanih elektrana. Ukupnu brojku će zaokružiti 1 TW od vjetroelektrana, 0,2 TW od geotermalnih sustava i 0,25 TW od goriva proizvedenih od biomase. Također treba uključiti i 0,5 TW geotermalnih toplinskih crpki za grijanje i hlađenje zgrada. Cijeli sustav bi zahtijevao 165 000 kvadratnih milja, što je još uvijek manje od raspoložive površine na jugozapadu.

Takva kombinacija obnovljivih izvora energije trebala bi proizvoditi 100 % električne energije za SAD ili više od 90 % ukupne energije. U vremenu kada bude viška energije proizvodit će se vodik za pogon više od 90 % vozila s novom tehnikom i

Tablica najvažnijih podataka plana

Tehnologija	Karakteristična veličina	2007. godina	2050. godina
Sunčane ćelije	površina djelotvornost sunčanih ćelija cijena instalacije cijena električne energije ukupni kapacitet	10 kvadr. milja 10% 4 \$/W 16 c/kWh 0,5 GW	30 000 kvadr. milja 14 % 1,2 \$/W 5 c/kWh 2940 GW
Stlačeni zrak za akumulaciju energije	obujam cijena instalacije cijena električne energije ukupni kapacitet	0 5,8 \$/W 20 c/kWh 0,1 GW	15,15 mrd m <sup>3</sup> 3,9 \$/W 9 c/kWh 558 GW
Sunčane elektrane s koncentracijom svjetlosti	površina djelotvornost cijena instalacije cijena električne energije ukupni kapacitet	10 kvadr. milja 13 % 5,3 \$/W 18 c/kWh 0,5 GW	16 000 kvadr. milja 17 % 3,7 \$/W 9 c/kWh 558 GW
Istosmjerni veleprijenos	duljina	500 milja	100 000–500 000 milja

za zamjenu dodatnog zemnog plina kod plinskih turbina na stlačeni zrak iz podzemnih spremnika. Dodajmo još 48 mrd galona biogoriva za ostala vozila. Ugljični dioksid od proizvodnje energije smanjio bi se za 92 % ispod razine za 2005. godinu.

#### Financiranje plana

Model plana nije tako krut, ali je investicijska vrijednost od 420 mrd \$ tolika da se bez subencioniranja države plan ne može ostvariti. Stoga se postavlja pitanje kako namaknuti tolika sredstva. Ali, odmah se javlja prva ideja, a to je porez na ispušteni ugljični dioksid. *International Energy Agency* predlaže da taj porez iznosi 40 do 90 \$ po toni ugljičnog dioksida, kojim se inače treba rješavati pitanje ugljičnog dioksida, npr. utiskivanjem u podzemne prostore. S tolikim porezom povećava se cijena električne energije za jedan do dva dolarska centa po kWh. Plan ipak nije tako skup i 420 mrd \$ moglo bi se namaknuti porezom koji bi značio povećanje cijene samo za 0,5 centi po kWh. Kako je danas cijena električne energije između 6 i 10 centi po kWh, dodavanjem 0,5 centi po kWh čini se razumnim.

Realno gledajući, godišnje ulaganje ne bi bilo tako veliko – manje je od godišnjeg subencioniranja farmera. Treba uzeti u obzir i dobitke tijekom realizacije plana. Vjerojatno su najveći oni od smanjenja uvoza i prerade nafte.

Japan i Njemačka ulaze također u slične velike planove i riješili su pitanje financiranja. Dobiti od

takvog rješenja energetike SAD-a su raznovrsne i velike, te se stoga očekuje da će prikazani ili sličan plan biti prihvaćen.

SciAm Jan 2008

#### Na granicama supervodljivosti

Vjerojatno će poluvočkaa industrija u sljedećim godinama mijenjati svoj naziv. Ono što poluvodiči kao silicij danas obavljaju u čipu, mogli bi super-vodiči obavljati možda brže i djelotvornije. Super-vodiči vode struju bez otpora, dok je temperatura daleko ispod točke smrzavanja. Znanstvenici Instituta *Max Planck* za istraživanja čvrstog tijela u Stuttgartu uspjeli su utvrditi dosada nepoznatu činenjicu, koja djeluje na supervodljivost tako da bi to moglo biti zanimljivo za materijale čipova.

Mikroelektronika se temelji na prijelazima elektrona preko granice; u tranzistoru oni putuju između slojeva poluvodiča kada mali napon proizvede malu silu. Fizičari tada govore da vanjski napon povećava vodljivost. Omogućujući li se da električni otpor na granici materijala na sličan način i pri sobnoj temperaturi potpuno nestane, mogla bi elektronika brže i štedljivije raditi. U tu svrhu moraju fizičari bolje upoznati elektronske procese na gra-ničnim površinama.

Znanstvenici spomenutog instituta izveli su pokus: ispitivali su »sendvič« u kojem su slojevi visokotemperaturnog supervodiča YBCO i feromagnetskog oksida mangana, koji ima osobine slične

željezu složeni jedan na drugi i to uz vrlo oštru granicu između materijala. Na toj granici dolazi do kemijskog međudjelovanja. Kako su znanstvenici utvrdili, atomi obaju materijala čine kovalentne veze međusobno. U tim vezama djeluju parovi elektrona slično kao kemijsko ljepilo.

Na graničnim površinama su elektroni u drugačijim porecima. Preko kemijske veze djeluje manganov oksid na električna svojstva supervodiča. »U našem slučaju supervodljivost je oslabljena«, govori B. Keimer, direktor spomenutog instituta. Jednostavnije govoreći, prenose veze feromagnetizam manganovog oksida preko granične površine. To slabi supervodljivost, jer se feromagnetizam i supervodljivost ne podnose. Oni su, naime, spojevi s različitim uređenjem elektrona.

»Budući da sada razumijemo mehanizam, možemo kombinirati visokotemperaturni supervodič s materijalom koji već kod viših temperatura nego dosad omogućava vođenje struje bez otpora«, govori Keimer. »Da bismo mogli graditi tranzistore od supervodiča, mora proći još nekoliko godina«. Kada fizičari govore o visokotemperaturnom supervodiču, to može zavesti na krivi put: materijali kao YBCO gube svoj električni otpor pri temperaturama višim nego kod prvih poznatih supervodiča, ali sam YBCO vodi struju bez gubitaka tek pri minus 180 °C.

Max Planck F. 4/2007.

## Oružje sa zrakama lasera

Puška ili top sa zrakama, glavna stvar u znanstvenofantastičnim pričama, mogla bi za nekoliko godina ući u naoružanje Amerike. Inženjeri u nekoliko tvrtki za naoružanje provode pokuse s ključnim komponentama sustava »*laser canon*«, pedesim za gađanje zrakama iz zrakoplova, ratnog broda ili oklopnog vozila cilja udaljenog nekoliko kilometara – i kroz dim i maglu.

Laseri visoke snage, mjerene u stotinama ili tisućama kilovata, nude niz prednosti u odnosu na konvencionalne projekte. Mogu osigurati ultraprecizno gađanje, jer kretanje nema utjecaja kod zraka koje imaju brzinu svjetlosti.

Iako su predviđanja u prošlosti bila pretjerano optimistična da će laseri biti i ostati oružje budućnosti, u današnje vrijeme oružje sa zrakama čini se ipak realnim. Industrija je pred nuđenjem praktičnih oružja s upravljanom energijom za ofanzivne i defanzivne primjene.

U zadnjim godinama su znanstvenici tvrtki *Northrop Grumman*, *Textron*, *Raytheon* i *Lawrence*

*Livermore National Laboratory* ostvarili značajan napredak sa čvrstim laserom velike snage, koji se neposredno napaja električnom energijom. Spojen s električnim generatorom na vozilu, s gorivnom ćelijom ili baterijom, čvrsti laser sa srednjom snagom većom od 100 kilovata predstavlja »neograničeni spremnik« jeftinih hitaca koji mogu zapaliti dolazeću minu bacača, artiljerijski projektil i raketu u letu pet do osam kilometara daleko. Takav sustav treba »zaslijepiti« elektrooptičke i infracrvene senzore i omogućiti vojnicima da neutraliziraju mine i improvizirane eksplozivne naprave sa sigurne udaljenosti.

Ključ za uređaj visoke energije je medij za pojačanje, materijal koji pojačava fotone lasera. U laserskim diodama, korištenim kod DVD-a i drugih elektroničkih konzumnih uređaja, poluvodički slojevi pojačavaju svjetlost nakon njezinog nastajanja. Kod snažnih čvrstih lasera medij za pojačanje ima oblik štapa ili prizme presjeka nekoliko kvadratnih centimetara. Sastoji se od tvrdog keramičkog materijala, kao što je npr. itrij-aluminijski granat dopiran neodimijem, elementom iz skupine rijetkih zemalja. Umjesto električnog iniciranja, slog laserskih dioda uzbuđuje medij za pojačanje. Općenito vrijedi što je veća prizma, veća je izlazna snaga.

Svaki istraživački tim ima drugačije načine za kombiniranje više prizmi zajedno da bi se dobio laserski lanac koji proizvodi veliku snagu od nekoliko desetaka kilovata. U sljedećoj godini inženjeri očekuju da će serijskim ili paralelnim spajanjem učiniti lance koherentnim da bi postigli 100 kilovata, što se smatra početnom snagom za vojne primjene lasera. Ostali ciljevi s obzirom na osobine su vrijeme neprekidne operacije od 300 sekundi (dovoljno za višestruke laserske hlice), djelotvornost pretvorbe električne energije u optičku od 17% ili više i, najvažniji, dobra kvaliteta zrake (u prvom redu fokusiranost) da bi dovoljno fotona pogodilo cilj kako bi zagrijali njegovu vanjštinu te bio uništen, eksplozirao ili skrenuo sa svoje putanje.

Ako bi laseri postigli te ciljeve, došlo bi u obzir njihovo uključivanje u naoružanje vojske. Osim toga potreban je obnovljivi izvor energije snage 1000 kilovata ili više, dok laser zahtijeva sustav hlađenja da ne dođe do raspada laserske zrake.

Također će trebati usmjeravanje fotona na cilj, vjerojatno velikim pokretnim ogledalima. Sustav će biti dopunjen radarom i ostalom elektronikom za pronalaženje i praćenje cilja pomoću slabih senzorskih lasera.

SciAm, June 2007

## Elektromagnetska polja

Savezna agencija za mreže u Njemačkoj zabilježila je do sredine prosinca 2007. godine 10 milijuna posjeta svojoj banci podataka za elektromagnetska polja (EMF). Ta banka podataka daje korisnicima izvještaj o položaju najbliže fiksne radio-stanice i sigurnosne udaljenosti, koje je utvrdila Savezna agencija za mreže. Dalje, građani dobivaju odgovore na pitanja o mjerenjima jakosti polja i visini mjesne imisije. Na raspolaganju je 11 300 mjerenja jakosti polja, 78 135 mjesta odašiljača i procijenjenih 505 450 odašiljačkih antena.

Veliki broj posjeta banci pokazuje veliki interes građana za takve podatke. Savezna agencija za mreže uvela je već od siječnja 2004. godine EMF

banke podataka i time doprinijela transparentnosti i objektivnosti rasprava o radioodašiljačima, razjašnjava M. Kurth, predsjednik Savezne agencije za mreže.

Funkcija EMF banke podataka stalno se dalje razvija. Početkom 2007. godine npr. automatski sustav mjerenja Savezne agencije za mreže za neprekidno utvrđivanje imisije radiopostrojenja integriran je u EMF banke podataka. Podaci tih mjernih stanica mogu se jednostavno obnavljati. Primjenom jedinstvenog saveznog propisa o mjerenju i europskog konformnog načina izračunavanja moguće je sve memorirane mjerne rezultate međusobno uspoređivati.

ntz 1/2008.