

TEHNOLOŠKI IZAZOVI NA POČETKU TREĆEG TISUĆLJEĆA

Prof. dr. sc. Zijad Haznadar, Zagreb

UDK 621:621.31
PREGLEDNI ČLANAK

Opisano je stanje u znanosti i tehnologiji koncem XX. stoljeća. Navedena su tehnološka dostignuća i iskoraci u elektrotehnici. Posebno je analizirana elektroenergetika. Osim proizvodnje i prijenosa električne energije razmatrani su integrirani elektroenergetski sustavi i velika zamračenja u njima. Kratko su navedene novosti u elektronici, komunikacijama i računalima. Opisani su rezultati ankete IEEE o stanju i tehnološkom razvoju, koja je provedena u 2003. godini. Dane su tehnološke prognoze za elektroenergetiku i transport. Na kraju je analizirana mogućnost primjene vodika kao energenta u bliskoj budućnosti.

Ključne riječi: tehnološki razvoj, elektroenergetika, integrirani elektroenergetski sustav, velika zamračenja, fuzioni reaktor, hibridni automobil, gorivne stanice, vodik.

1. UVOD

Cijelo prošlo stoljeće Hrvatska, a osobito Zagreb, bili su među vodećim europskim središtima kulturnog, obrazovnog, znanstvenog i tehnološkog napretka. Zbog nedavnog Domovinskog rata došlo je do zastoja, no danas se postupno obnavlja industrija, a tehnološki razvoj nužno se mora nastaviti i ubrzati.

U razvijenom svijetu koncem XX. i u XXI. stoljeću znanost i tehnološki razvoj snažno i veoma brzo napreduju. Prema istraživanjima na Univerzitetu u Stanfordu (SAD), ukupno ljudsko znanje udvostručilo se svakih pet do osam godina.

Posljedica takvog napretka u znanosti je razvoj i brzi prodor novih visokih tehnologija, da nabrojimo samo neke: mikro i nano tehnologije, informatika, energetika, bioinženjering, egzotični materijali itd.

To je pak rezultiralo otkrićima ljudskog genoma, virtualne realnosti, kvantnih računala, gorivnih elemenata na bazi vodika (hidrogenska era), digitalnih komunikacija, svjetlovođa i lasera, visokotemperaturne supravodljivosti itd.

Ovim člankom, oslanjajući se na relevantna izvješća, želi se ukazati na neke od tih tehnoloških napredaka koji su dostigli gotovo nezamislive granice. Namjera je dati doprinos i poticaj povratku tradiciji i novom tehnološkom napretku u našoj zemlji.

Pažnja će se usredotočiti na tehnološki razvoj u elektrotehnici, poglavito u elektroenergetici, elektronici, računalima i komunikacijama. Na kraju članka ukazat će se na primjenu i povezanost s dostignućima u drugim područjima.

2. DOSTIGNUĆA I TEHNOLOŠKI ISKORACI U ELEKTROTEHNICI

Opstanak suvremenog društva na dostignutom stupnju razvoja, kao i daljnji napredak ovise o industrijskoj proizvodnji, transportu ljudi i dobara i prijenosu informacija, ali iznad svega o pouzdanoj opskrbi energijom [1].

Velikim dijelom to su uglavnom područja koja obuhvaća elektrotehnika, odnosno njene grane: elektroenergetika, elektrostrojstvo, elektronika, komunikacije i tehnička informatika, koje se bave proizvodnjom, prijenosom, obradom i pretvorbom dvaju ključnih resursa energije i informacija.

2.1. Elektroenergetika

Električna energija važna je i danas nezamjenjiva vrsta energije. Proizvodnja i prijenos električne energije relativno su jednostavni, a ne uzrokuju ni posebne probleme za prirodni okoliš.

Potrebe za električnom energijom u razvijenim zemljama udvostručile se svakih deset godina. Znatno porast očekuje se i ubuduće. Na plenarnom otvaranju 40. savjetovanja Međunarodnog vijeća za velike elektroenergetske sustave (CIGRE) u Parizu u rujnu 2004. godine iznesen je podatak da će se u svijetu do 2030. godine u elektroenergetiku investirati 10000 milijardi \$.

S druge strane prirodni izvori energije, ugljen, nafta, zemni plin i hidroenergija nisu raspoloživi u neograničenim količinama. Globalni energetske manjak popunjava se sve više iskorištavanjem nuklearne ener-

gije. Istraživanja u svijetu usmjerena su i na pronalaženje novih izvora energije, a koriste se i alternativni izvori energije.

2.1.1. *Proizvodnja i prijenos električne energije*

Stalni porast potrošnje energije zahtijeva unaprjeđenje i nove tehnološke iskorake u proizvodnji, prijenosu i distribuciji električne energije. Vodom hlađeni generatori grade se već do snage od 1500 MW, a predviđa se mogućnost i do 2500 MW. Generatori sa supravodljivim (uzbudnim) namotom upućuju na granicu od 3000 MW, pa i više.

Alternativni obnovljivi izvori energije omogućuju proizvodnju na razini distribucije električne energije i predstavljaju nove izazove za inženjere. Solarna energija, energija vjetra, bioenergija, gorivne stanice, itd., omogućuju ekološki prihvatljivu dodatnu proizvodnju električne energije.

Institut za elektrotehniku Društva KONČAR iz Zagreba počinje proizvodnju prototipa vjetroelektrane snage 750 kW s rotorom promjera 51 m [2]. Naveden je i podatak da je snaga instaliranih vjetroelektrana u Europi do kraja 2003. godine iznosila blizu 29000 MW, te da će do 2020. godine proizvodnja električne energije iz vjetra u svijetu doseći 12 posto ukupne proizvodnje. U svakom slučaju treba imati rezervu u konvencionalnim elektranama da bi se osigurala opskrba u vrijeme kada vjetroelektrane ne proizvode.

Prijenos električne energije ima ključnu ulogu u povezivanju (hidro, termo, nuklearnih i alternativnih) elektrana i glavnih čvorišta (TS) integriranog energetskeg sustava. Prijenosne linije, tj. dalekovodi grade se za sve više prienosne napone, koji dosežu milijun volta i više.

Naša visokonaponska prienosna mreža (400, 220 i 110 kv) ukupne je duljine 7200 km i sadrži 140 trafostanica. Najveće energetske čvorište u jugoistočnoj Europi je u Hrvatskoj – TS Ernestinovo, koja je nakon rata proširena i obnovljena. U listopadu 2004. godine upravo je preko TS Ernestinovo uspješno povezan superveliki energetskeg sustav EU s energetskeg sustavom jugoistoka Europe. Uza sve to Hrvatska ima energetskeg deficit i uvozi električnu energiju. Očekuje se daljnji veliki porast potrošnje i prema prosudbama do 2010. godine u Hrvatskoj planira se izgradnja novih elektrana snage 1220 MW.

Osim što se uvode novi kompozitni izolacijski materijali u prienosne sustave, istražuju se i nova rješenja za efikasniji prienos električne energije. Ispituju se tehnološka rješenja za prienos velikih snaga pomoću supravodljivih kabela.

Vidan napredak postignut je primjenom selektivnog tristorskog upravljanja u prilagodljivom izmjeničnom prienosnom sustavu (FACTS), kojega je razvio Institut za istraživanja u elektroenergetici (EPRI – SAD).

Tim sustavom maksimira se prienos električne energije, postiže se velika stabilnost sustava jer se može veoma brzo kontrolirati sve prijelazne poremećaje u sustavu itd.

2.1.2. *Integrirani elektroenergetski sustavi*

Danas se sve više integriraju i u djelovanju zajednički obuhvaćaju proizvodnja, prienos, distribucija i potrošači u elektroenergetskim sustavima. Uz klasične elektrane uvodi se dodatna proizvodnja na razini distribucije. Integrirani energetskeg sustav sadrži različite oblike novih proizvodnih tehnologija: kogeneracijske jedinice, gorivne elemente, foto elemente, elektrane na vjetar, mikroturbine itd.

Postoje i stalno se izrađuju novi „alati“ za analizu distribuirane proizvodnje energije u takvim integriranim sustavima [3]. Ti alati sadrže sustave za analizu tijeka snage, kratkih spojeva, sustava zaštite, dinamičke i prijelazne stabilnosti, selektivnosti zaštite, harmonika u mreži, kao i Monte-Carlo simulacije, elektromagnetske prijelazne simulacije, simulaciju i koordinaciju zaštite, proračun flickera, probalističke proračune tijeka snaga, kompatibilnost s ostalim energetskeg sustavima itd.

Pomoću novog softvera za proračun elektromagnetskih polja (EMP) razvijenog na Katedri za teorijsku elektrotehniku, Fakulteta elektrotehnike i računarstva u Zagrebu, proračunata su polja E i B u TS Ernestinovo, Žerjavinec i Jarun, kako bi se odredile zone u kojima EMP prelaze propisima dozvoljene granice. Slike 1 do 5 prikazuju raspodjelu izračunatih polja u TS Žerjavinec [4].

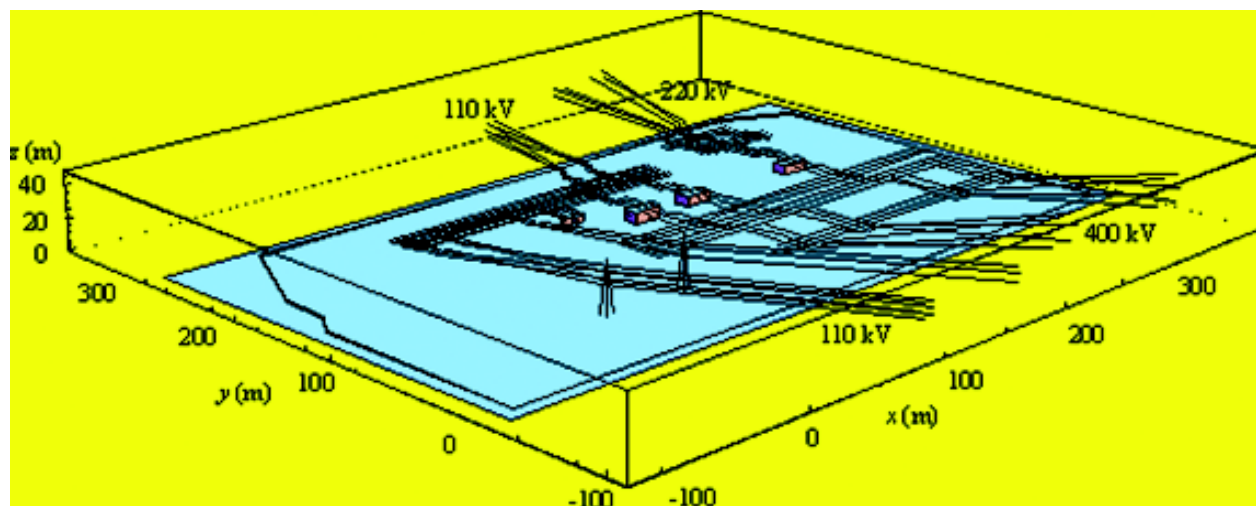
2.1.3. *Velika zamračenja*

Suvremene studije i napredno matematičko modeliranje integriranih elektroenergetskih sustava dovode do istog zaključka: veliki kvarovi, tj. velika zamračenja su neizbježna.

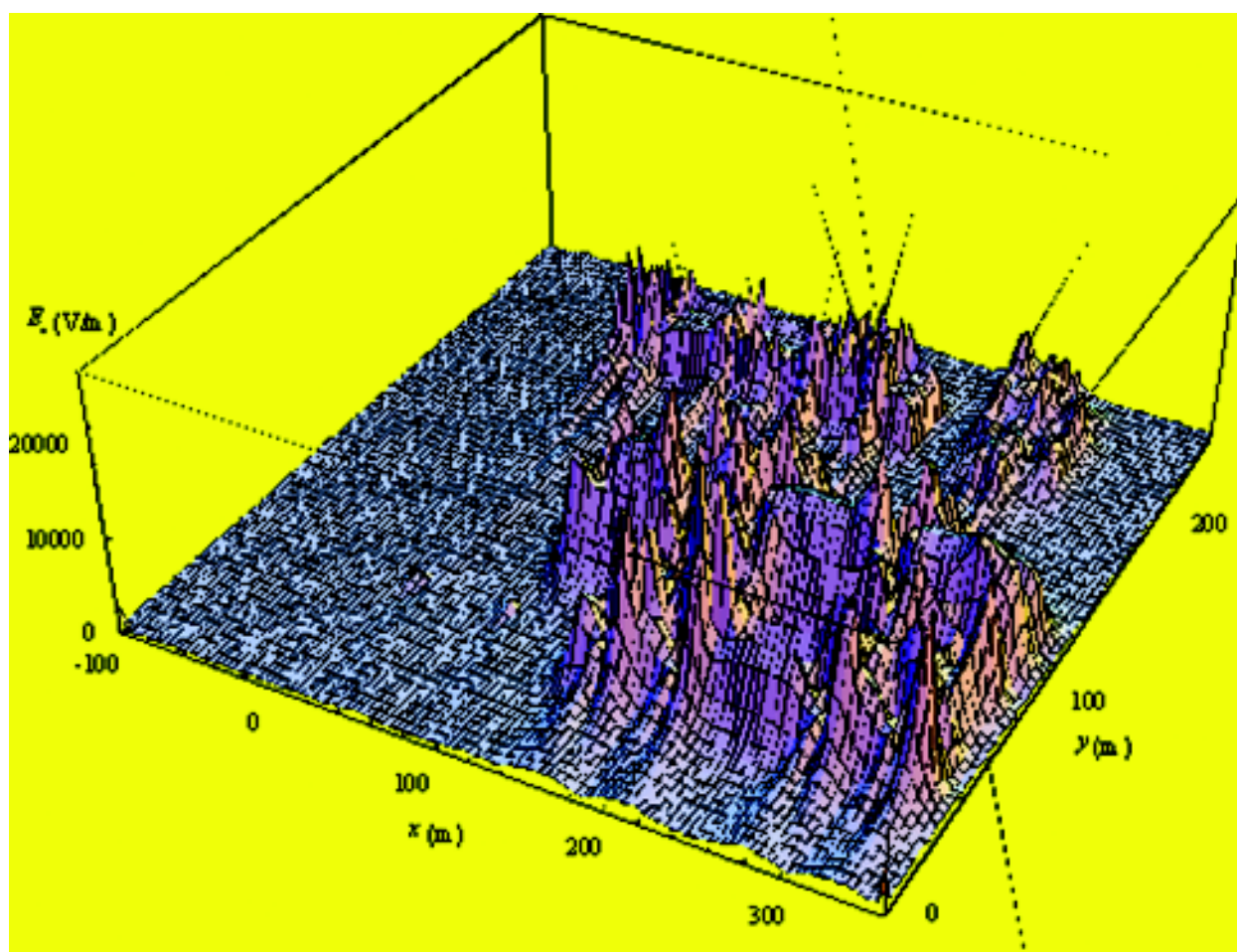
Prema statistikama velikih ispada između 1984. i 2000. godine koji su djelovali na potrošače veće od 4000 MW, proizlazi (prema Fairleyu [5]) vjerojatnost od jednog ispada koji bi se mogao očekivati u velikim integriranim sustavima svakih 15 godina.

Prema podacima US Department of Energy, jedno od najvećih zamračenja koje se dogodilo u povijesti, 14. kolovoza 2003. godine (Ohio, USA) koštalo je između 4 i 6 milijardi dolara.

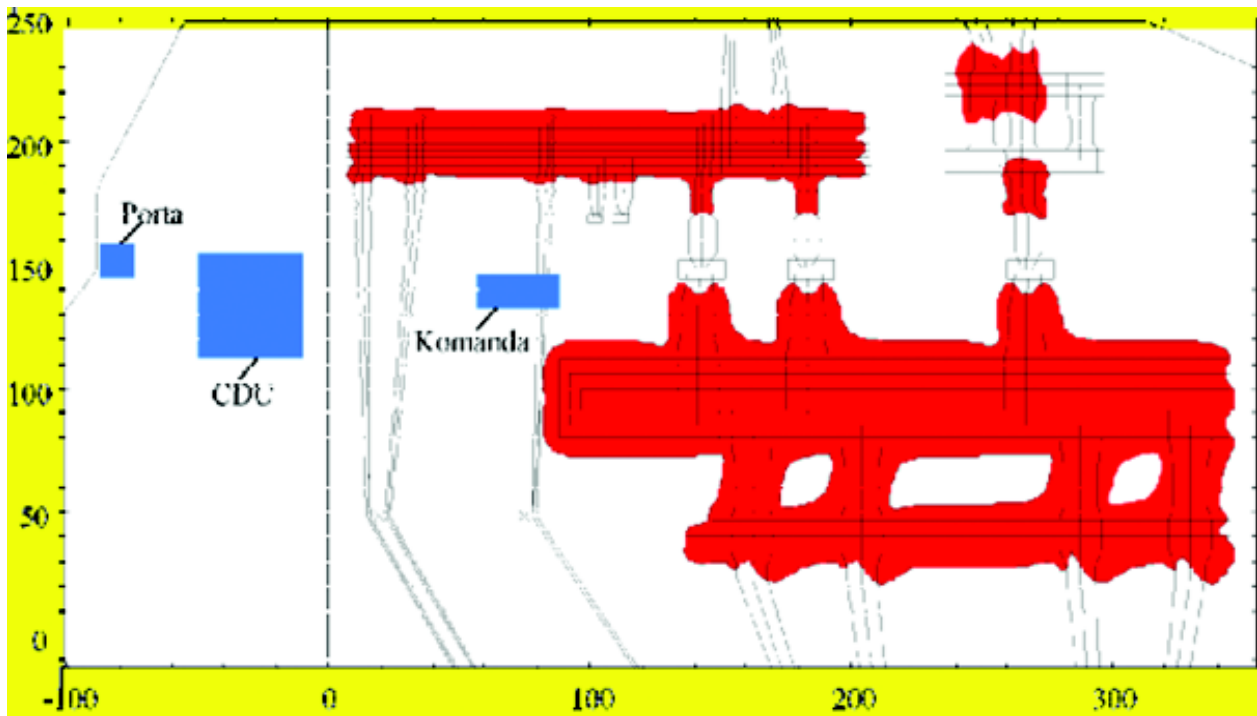
Ima raznih mišljenja kako izbjegavati probleme velikih zamračenja u integriranim energetskeg sustavima. Tako se predlažu neke mjere: učiniti mrežu robusnijom, usavršiti simulacijske tehnike, primijeniti kompjutorizirano upravljanje u realnom vremenu, poboljšati regulaciju itd.



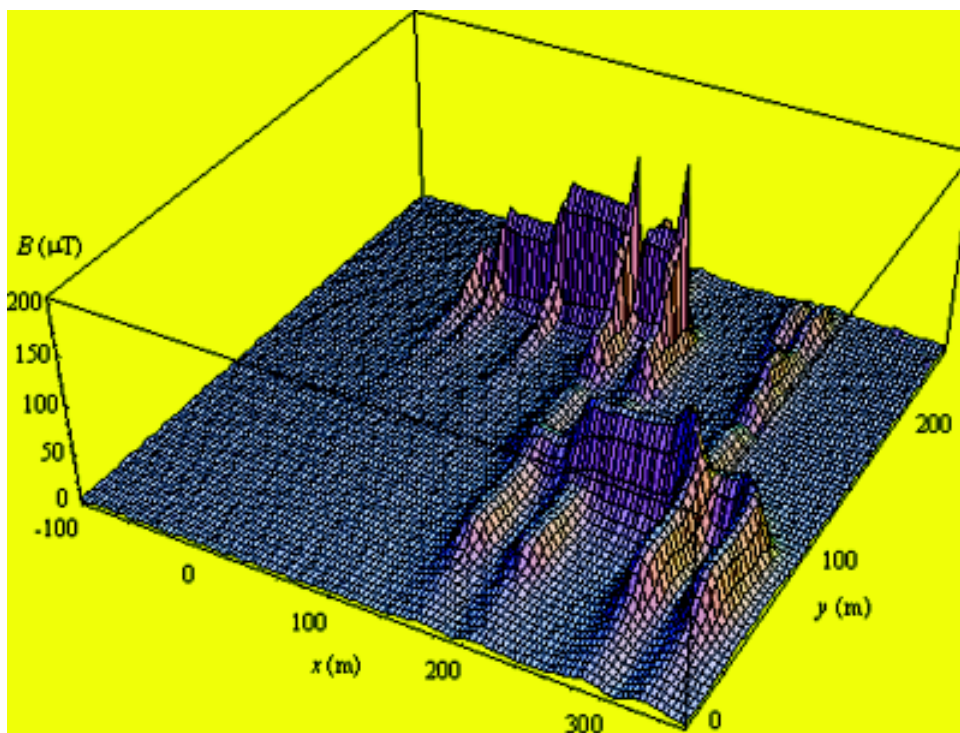
Slika 1. Shema TS Žerjavinec



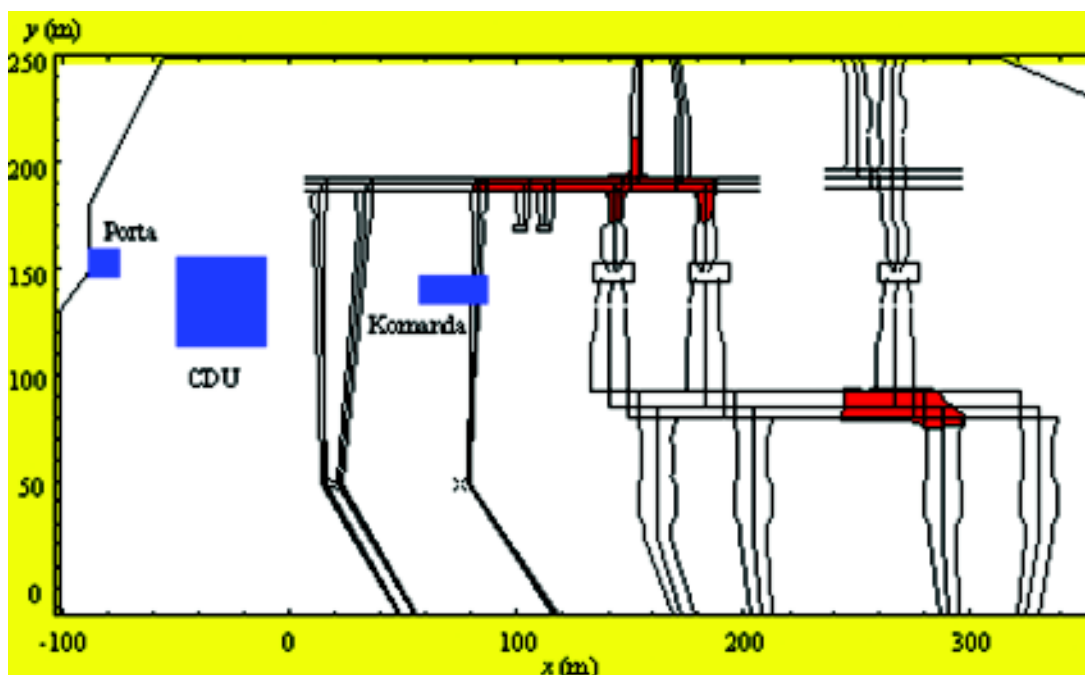
Slika 2. Raspodjela električnog polja u TS Žerjavinec



Slika 3. Područje jakoga električnog polja u TS Žerjavinec



Slika 4. Raspodjela magnetske indukcije u TS Žerjavinec



Slika 5. Područje jake magnetske indukcije u TS Žerjavinec

2.2. Elektronika, komunikacije, računala

Prema riječima dugogodišnjeg predsjednika „Fraunhofer Gesellschaft“ (57 instituta u Njemačkoj) prof. Hans Jürgen Warnecke u izlaganju u HAZU u svibnju 2003. u Zagrebu, mikroelektronika se svakih 18 mjeseci udvostručuje, a cijena se smanji dva puta. To je dosad najbrži razvoj u tehnologiji [6].

Podrobnije je to opisao dr. sc. Dalibor Vrsalović potpredsjednik INTEL COPR. iz SAD u izlaganju na Savjetovanju MIPRO u Opatiji u svibnju 2003. godine. Prema Vrsaloviću, svakih 18 mjeseci integrirani sklopovi mogu udvostručiti broj funkcija, tzv. pakiranje, odnosno brzinu. Razvojem tehnologije, uvjeren je, da brzine u procesorima mogu ići na 20 GHz, kao i da će se globalni jaz i dalje širiti. Već sada se na svjetskom tržištu u informacijskim tehnologijama okreće oko 1300 milijardi dolara godišnje. Također predviđa da će do 2014. godine kapacitet najvećeg računala doseći kapacitet ljudskog mozga!?

Komunikacije (tele, radio, računalne) na početku trećeg tisućljeća bilježe također nevjerojatno brzi razvoj. Takvom razvoju doprinose i fiksne i mobilne i satelitske komunikacije. Novosti stižu sa svih strana. U fiksnim telekomunikacijama u uporabi su poluvodički laseri i svjetlovođi bez elektroničkih pojačala (dark fiber). Zatim su tu distribuirana optička pojačala s dodatkom erbija. Asinkroni prijenosni mod na fotonskom nivou optimalan je za fiksne globalne telekomunikacijske mreže.

Od 1980. godine kapacitet optičkih prijenosnih linija udvostručuje se svake godine.

3. STANJE I TEHNOLOŠKI RAZVOJ PREMA PROCJENI EKSPERATA U ANKETI IEEE-A

Prema procjenama IEEE stanje 2003. godine u mnogim tehnološkim područjima usprkos brzom razvoju nije zadovoljavajuće.

Što treba poboljšati? Lista je duga, pa se navode samo dva važna područja: telekomunikacije (zagušene) i energija (nedostatak). Inženjersko obrazovanje je glomazno i šaroliko, a politika bez vizije.

Temeljno pitanje je kako znanje i intelektualne resurse usmjeriti da daju tehnološka rješenja koja će nas uvesti u novo tisućljeće. Da bi odgovorio na to pitanje IEEE je konzultirao grupu od 565 elitnih tehnoloških eksperata u oblastima koja su obuhvaćale računala, telekomunikacije, energetiku, poluvodiče i procesore, transport i obrazovanje. Rezultati ankete objavljeni su u [7].

3.1. Odgovori i mišljenja

Ovdje će se navesti samo neka pitanja i skraćeni odgovori.

1. Koja grupa problema će zahtijevati najveće tehnološke izazove u sljedećim godinama, eksperti su ocijenili da je energetska razvoj vrhunski prioritet. Prevelika ovisnost o fosilnim gorivima sve ih zabrinjava, a s tim povezuju i zagađenje okoliša.
2. Što se predviđa na području prijenosa i obrade informacija, većina eksperata očekuje daljnji napredak u izradi mobilnih telefona, prijenosnih računala, digitalne televizije (HDTV) itd.

3. Što bi pridonijelo uspješnoj proizvodnji i distribuciji električne energije, 70% ih se izjasnilo za alternativne energetske izvore.
4. Koji su obećavajući izvori energije u sljedećoj dekadi, postoji širok spektar odgovora. Iznenadjujući je poredak: energija vodika, nuklearna energija, fotoćelije, fosilna goriva, hidroenergija i energija vjetra.
5. Na pitanje što slijedi, IEEE eksperti predviđaju najvažniji tehnološki razvoj u sljedećim godinama na području alternativnih izvora energije, superbrzih bežičnih komunikacija i molekularnih računala.

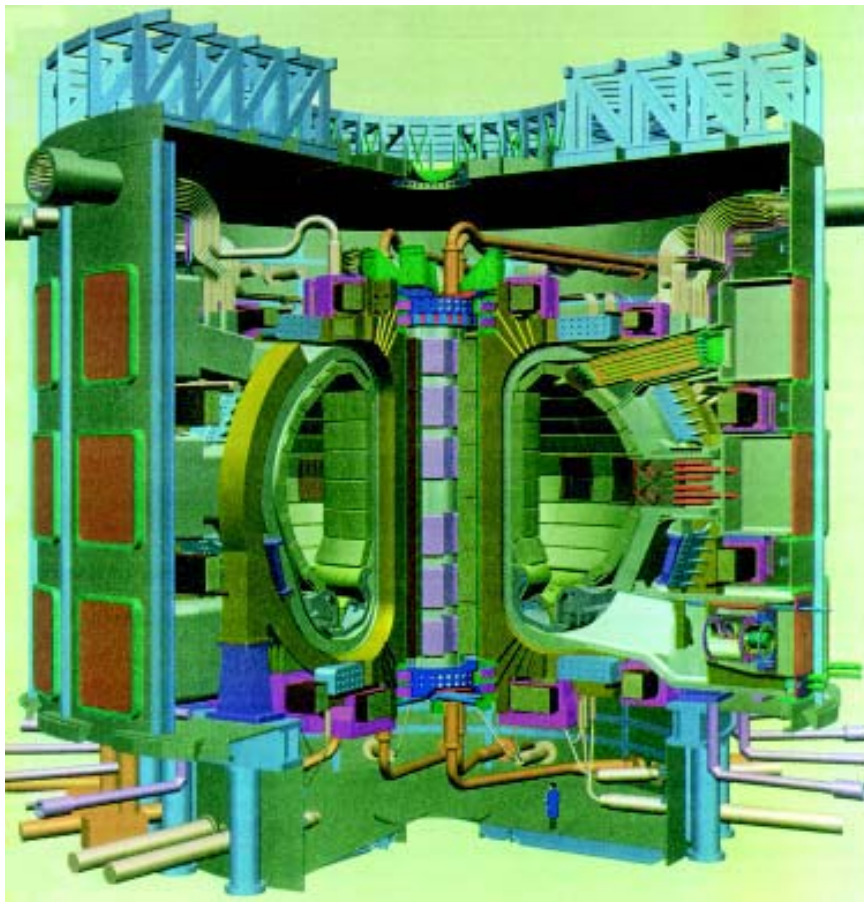
U [7] navodi se još cijeli niz zanimljivih pitanja i odgovora. Tako predviđaju jeftin širokopolasni pristup i međuveze, sve ono što je internet obećavao, a nije ostvario. Sljedeća internet revolucija bit će „high-speed wireless“ pristup.

Očekuje se primjena alternativnih gate-dielektrika kao zamjena za silicij. Predviđa se korištenje jeftine umjetne inteligencije, inteligentna računala koja mogu upravljati određenim vrstama vozila ili djelovati kao istraživačka pomagala itd. Mnogo se očekuje od prikazivanja i primjene genomske istraživanja kao i od integracije biologije i tehnologije (genetski inženjering i bioinformatika).

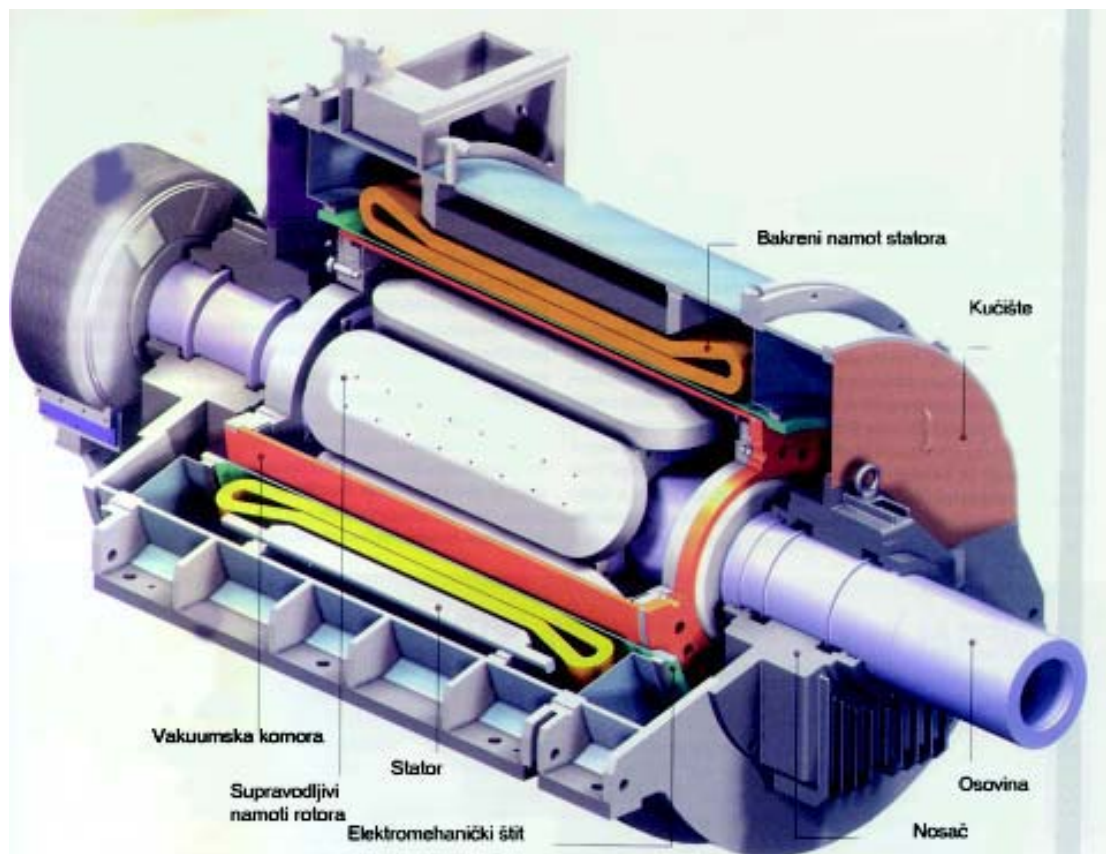
4. TEHNOLOŠKE PROGNOZE U 2004. GODINI

U posebnom izvješću IEEE [8] opisani su rezultati postignuti u 6 velikih tehnoloških projekata u područjima komunikacija, elektroenergetike, poluvodiča, transporta, računala i bioinženjeringa. Neka rješenja u tim projektima nazivaju se „visoko-tehnološkim snovima“ koji će postati stvarnost još za našeg životnog vijeka. Ovdje će se iz [7] i [8] prikazati neka od očekivanja u elektroenergetici i transportu.

Na slici 6. prikazan je prijedlog tokamak reaktora u kojem se plazma zagrijava i tlači pomoću magnetskog polja koje proizvodi supravodljiva zavojnica postavljena naokolo. Tako se generira samoodrživa fuzijska reakcija. Taj favorizirani pristup za proizvodnju električne energije pomoću snažnih magnetskih polja u torusnim strojevima (fuzionim reaktorima) testiran je u prvim velikim pokusima u Joint European Torus, Abingdon, UK i u Princeton Plasma Physics Laboratory u New Jersey-u sredinom 1990-tih godina. Sljedeći važan događaj bit će projektiranje i kompletiranje International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER). Ta međunarodna suradnja s investicijom od 5 milijardi dolara ima za cilj proizvesti trajnu (neprekidnu) samoodrživu



Slika 6. Fuzijski reaktor



Slika 7. Motor sa supravodljivim namotom na rotoru (5 MW)

reakciju u tzv. gorućoj plazmi. Na takvim projektima aktivne su SAD, EU i Japan.

Novi supravodljivi električni motori za pogon brodova predstavljaju revoluciju u brodogradnji i plovidbi [8]. U programu U. S. Office of Naval Research (ONR) je ispitivanje 5 MW-nog i 23 tone teškog supravodljivog brodskog motora (na slici 7). Rotor sa supravodljivim namotom razvijen je u American Superconductor in Westborough, Mass. U supravodljivom stanju na temperaturi 32° K održava ga rashladno postrojenje s helijem. Stator je s bakarnim namotom hlađenim uljem. Izgrađen je u Alstom Power Conversion in Rugby, UK. ONR već sprema razvoj sljedeće generacije 36,5 MW-nog motora. Sva istraživanja u morskom prijevozu vode prema 36,5 MW motoru kao optimalnom. Taj motor je u posebnom oklopu izravno spojen na brodski vijak.

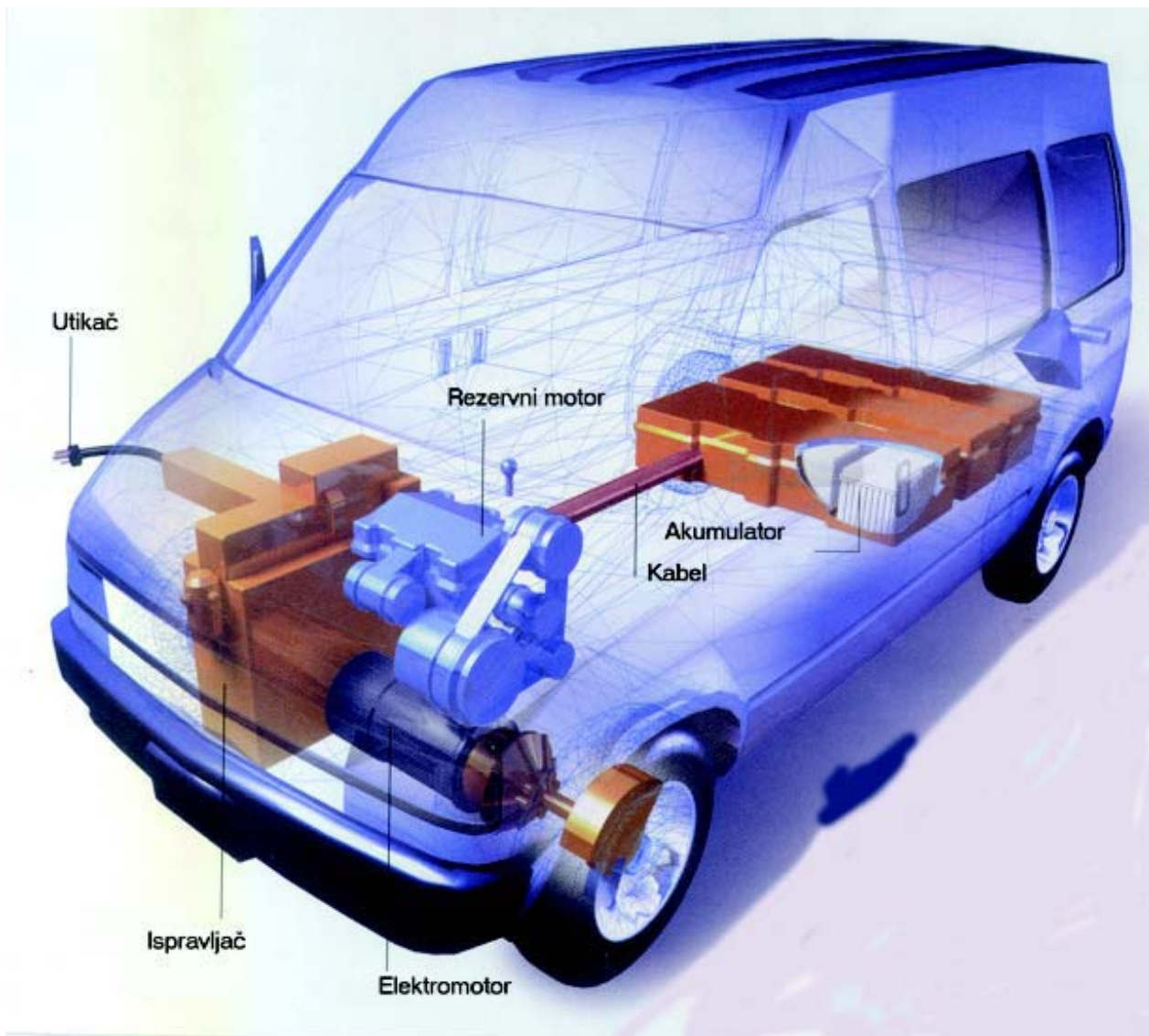
Elektromotorni pogon automobila postaje također realnost. Tako su u [9] pod nazivom „hibridi dolaze“ opisani primjeri Toyotinih, Fordovih i Chevroletovih tipova hibridnih automobila. Hibridni automobil s utikačem (za napajenje električnom energijom) sadrži benzinski motor i elektromotor s elektroničkim pretvaračem za punjenje baterija koje pokreću elektromotor (slika 8). U [8] je opisan hibridni automobil koji se

razvija u Daimler Chrysler-u u Mannheimu u Njemačkoj.

Ubrzano se radi na razvoju magnetskih lebdećih superbrzih vlakova koji postižu sve veće brzine. Vagoni takvih vlakova sadrže supravodljive elektromagnete hlađene tekućim helijem, koji pokreću vlak i istodobno mu omogućuju da „lebdi“ iznad tračnica. Jedan takav superbrzi vlak koji je sačinjen iz tri dijela (slika 9), postigao je koncem 2003. godine maksimalnu brzinu od 581 kilometar na sat u području Yamanashi, zapadno od Tokya [8]. U tablici 1. dani su podaci za projekte takvih i sličnih superbrzih vlakova koji će se graditi u svijetu.

5. VODIKOVA ERA U BUDUĆNOSTI

Prije skoro 50 godina u znanstvenoj i tehničkoj literaturi najavljena je uporaba vodika kao primarnog energetskog izvora u prijevozu i elektroenergetici. Kasnih 1960-ih godina u NASA Apollo programu upotrijebljena je goriva stanica na vodik kao energetski izvor [10]. Danas se vizija vodika kao energenta budućnosti potvrđuje u mnogim nadležnim odborima u razvijenom svi-



Slika 8. Hibridni automobil (s utikačem)

jetu. U 2003. godini predsjednik SAD Bush i predsjednik EU Prodi potvrdili su viziju „ekonomije vodika“ [11]. Vizija poziva na promjenu globalne ekonomije transporta energije ovisne o nafti u onu temeljenu na vodik. Glavni razlog je zagađenje koje izazivaju automobili s pogonom na fosilna goriva (ugljikovodike). Samo u SAD, 2001. godine emisija iz vozila bila je veća od 500 milijuna tona ekvivalentnog ugljika. U 2002. godini dvije trećine emisije CO₂ iz fosilnih goriva bilo je generirano iz područja transporta i proizvodnje energije. U.S. Departement of Energy inicirao je uporabu vodikova goriva (tablica 2, [10]), prema kojoj bi vodikova era započela 2024. godine. Jedna od njihovih procjena je da je potrebno 40 milijuna tona vodika godišnje da bi se napajalo 100 milijuna vozila s gorivim elementima i da bi se opskrblilo oko 25 milijuna domaćinstava.

Gorive stanice (elementi) razvijene su za više primjena tamo gdje je potrebna električna energija. Na slikama 10, 11, 12 prikazane su (prema [10]), gorive stanice. Na slici 10 dan je shematski prikaz stanice s polimerom napajane vodikom, koja se čini najpogodnijom za hibridna i električna vozila. Na slici 11 prikazana je goriva stanica koja se napaja zemnim plinom i služi kao stacionarni energetski izvor snage 250 kW. Na slici 12 prikazan je Fordov električni automobil u koji je ugrađen gorivi element postavljen ispred postaje s vodikovim gorivom koje se nalazi pod tlakom od 350 bara.

Na kraju bi se prema iznesenom, i prema mnogim stručnim člancima objavljenim u posljednje vrijeme, dalo zaključiti:



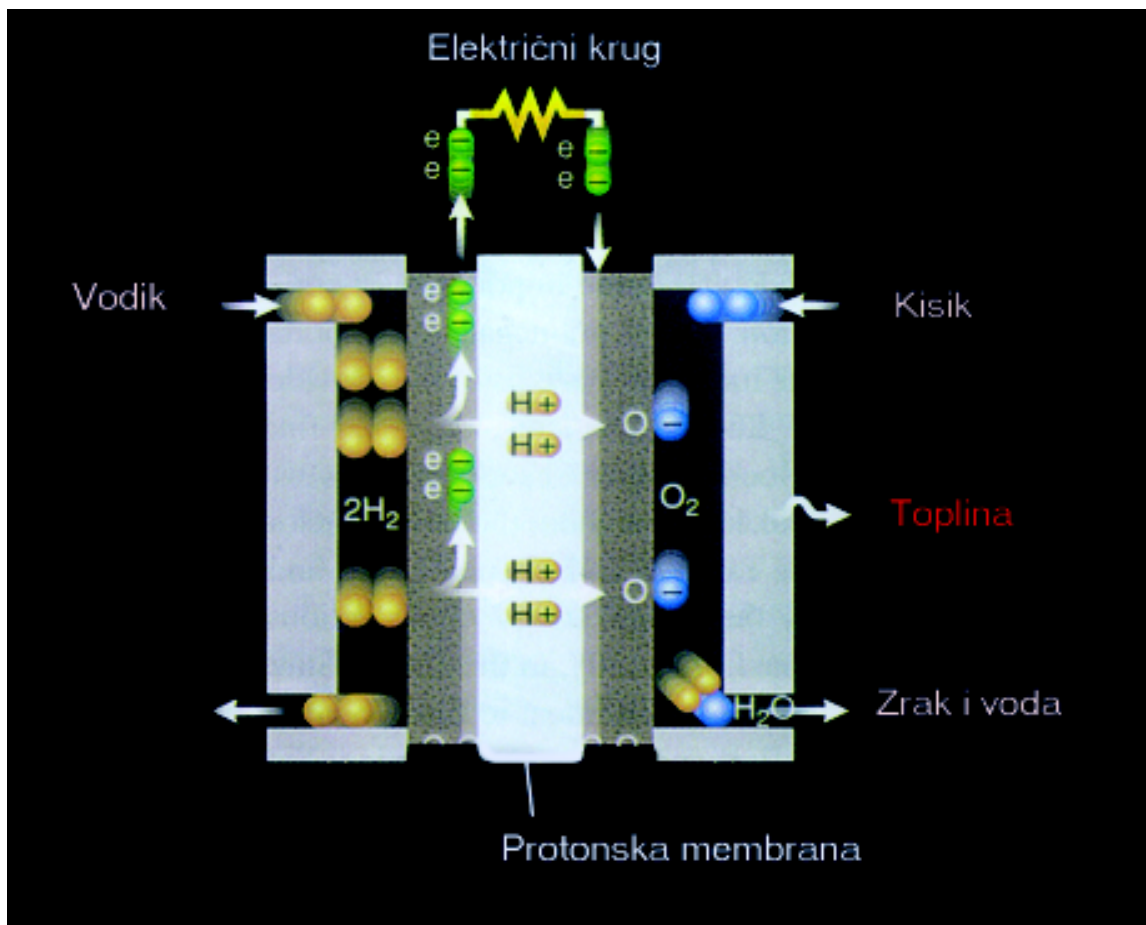
Slika 9. Superbrzi lebdeći vlak s linearnim motorom

Tablica 1. Projekti superbrzih vlakova u svijetu

	U testiranju	U razvoju			U studiji		
Lokacija	Shangai	Munich	Pittsburgh	Washington	Las Vegas – L.A.	L. A – Palmdale	Atlanta
Namjena	Aerodrom – Podz. želj.	Centar – Aerodrom	Centar – Aerodrom	Centar – Aerodrom	Las Vegas Aerodrom	Centar – Aerodrom	Aerodrom – centar
Udaljenost	30 km	37 km	76 km	64 km	56 km	115 km	51 km
Vrijeme putovanja	8 min	10 min	23 min	18 min	12 min	Ovisno	23 min
Brzina	500 km/h	400 km/h	400 km/h	430 km/h	500 km/h	400 km/h	400 km/h
U upotrebi	2003.	2008.	2012.	2012.	2010.	2010.	2010.

Tablica 2. Vremenski dijagram istraživanja i razvoja “vodikove ekonomije”

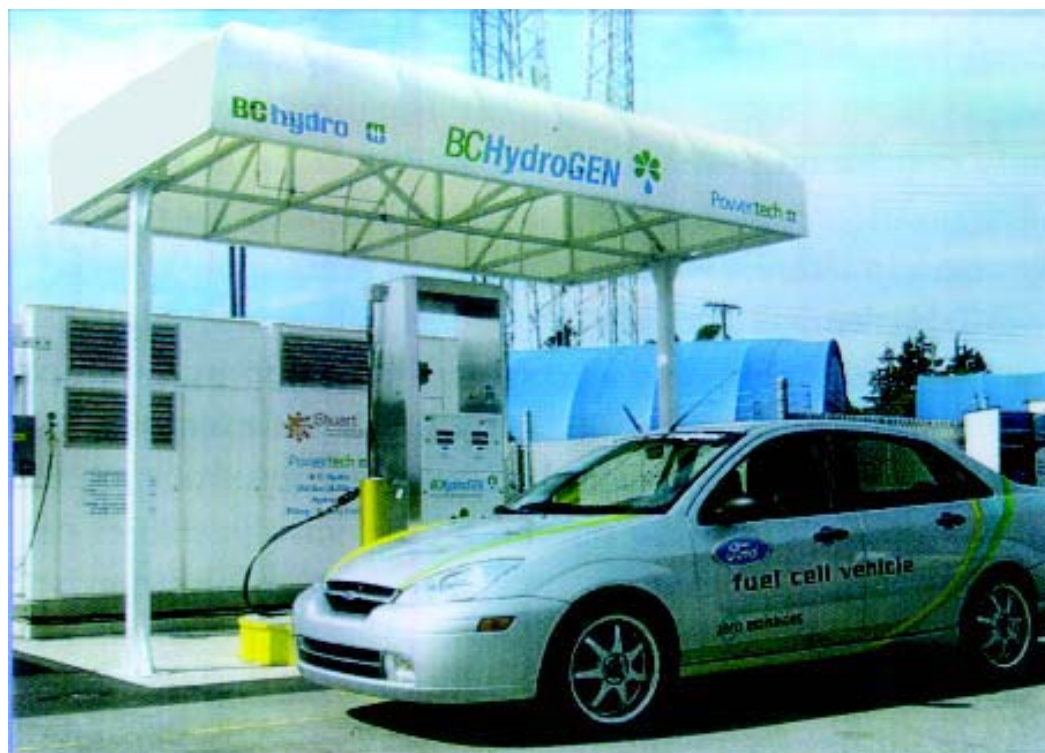
(Izvor: US Department of Energy)



Slika 10. Goriva stanica s polimernom membranom



Slika 11. 250 kW zemnim plinom napajana goriva stanica



Slika 12. Fordov automobil s gorivim elementom ispred postaje s vodikovim gorivom (350 bara)

1. Trenutačna zamjena nafte u vozilima nije moguća. Jedno rješenje za danas i za blisku budućnost je hibridno vozilo s motorom s unutarnjim izgaranjem i s gorivom stanicom, postupan prijelaz na vozila

samo s gorivim stanicama. S druge strane uporaba gorivih stanica u transportu je ključ za realizaciju vodikove ekonomije.

2. Na gorivim stanicama temeljen energetska sustav danas bi bio vrlo skup način proizvodnje električne energije. Uza sve prednosti vodika argumenti protiv široko utemeljenog energetska sustava na vodikovu gorivu su sama proizvodnja vodika, kao i visoka cijena izgradnje sustava za distribuciju vodika. Kritična točka je električna energija potrebna za proizvodnju vodika, koji ćemo potom koristiti za proizvodnju električne energije. Ova "dvostruka pretvorba" bitno povećava cijenu uporabe gorivih stanica kao primarnih izvora energije. Možda će put biti da se svi novi izvori energije kombiniraju u proizvodnji u jedinstvenom energetska sustavu. Raissi i Block u [11] navode da su vodik i elektricitet idealni partneri i da zajedno tvore integrirani energetska sustav temeljen na distribuiranoj proizvodnji energije.

LITERATURA

- [1] Z. HAZNADAR, "Elektrotehnika: Razvoj i perspektive u svijetu i u Hrvatskoj", *Energija*, god. 50 (2001), broj 2.
- [2] Institut za elektrotehniku, "Domaći Know-How za vjetroelektrane", *Končarevac*, god.40, broj 1298, lipanj 2004.
- [3] "Integrated Power System Analysis Software", *IEEE Power and Energy Magazine*, Vol. 2., No 4, July/August 2004.
- [4] Z. HAZNADAR, "Zaštita i EMC u elektroenergetskim sustavima", Prvi kongres hrvatskih znanstvenika, Zagreb – Vukovar, 15. – 19. studeni 2004.
- [5] P. FAIRLEY, "The Unruly Power Grid", *IEEE Spectrum*, Vol. 4, No 8, August 2004.
- [6] Z. HAZNADAR, "Tehnološki izazovi i obrazovanje inženjera elektrotehnike", studija, FER, Sveučilište u Zagrebu, 2004.
- [7] "2003-IEEE pogled na tehnologiju", *IEEE Spectrum*, Ja-nuary and June 2003.
- [8] Special report: "2004 Technology Forecast and Review", *IEEE Spectrum*, Vol.41, No.1, January 2004.
- [9] J.VOELCKER, "Top 10 Tech Cars", *IEEE Spectrum*, Vol. 41, No 3, March 2004.
- [10] "The Promise of Hydrogen", *IEEE Power and Energy Magazine*, Vol. 2, No 2, March/April 2004.
- [11] A. T. RAISSI, D. L. BLOCK, "Hydrogen: Automotive Fuel of the Future", *IEEE Power and Energy Magazine*, Vol. 2, No 6, November/December 2004.

TECHNOLOGICAL CHALLENGES AT THE BEGINNING OF THE THIRD MILLENNIUM

State of art in science and technology at the end of the twentieth century is described. Technological results and further steps in electric energy sciences are given. Electric energy supply is specially analysed. Beside electric energy production and transmission reviewed are integrated electric power systems and huge blackouts. News from electronic, communication and computer sciences are given in short. Questionnaire results made by the IEEE in 2003, on the current status and technological development are described. Technological forecasts are given for electric energy supply and transport. Finally, the possibility of hydrogen usage as an energy source in the near future is analysed.

TECHNOLOGISCHE HERAUSFORDERUNGEN AM ANFANG DES DRITTEN MILLENIUMS

Beschrieben ist der Zustand in der Wissenschaft und in der Technologie am Ende des XX. Jahrhunderts. Angeführt sind technologische Errungenschaften und Vorstöße in der Elektrotechnik. Neben der Erzeugung und Übertragung der elektrischen Energie sind auch integrierte elektroenergetische Systeme, sowie große Ausfälle in diesen Systemen, erörtert worden. Neuheiten in der Elektronik, im Fernmeldewesen und in der Computertechnik wurden kurz angeführt. Beschrieben sind die Ergebnisse der im Jahre 2003 durchgeführten IEEE-Umfrage über dem Zustand der Elektroenergetik und ihrer technologischen Entwicklung. Für die Elektroenergetik und den Transport sind technologische Vorhersagen gegeben. Am Ende ist die Möglichkeit der Anwendung des Wasserstoffes als Energieträger in naher Zukunft erörtert.

Naslov pisca:

Prof. dr. sc. Zijad Haznadar, dipl. ing.
Fakultet elektrotehnike i računarstva,
Unska 3,
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 2005 – 01 – 10.