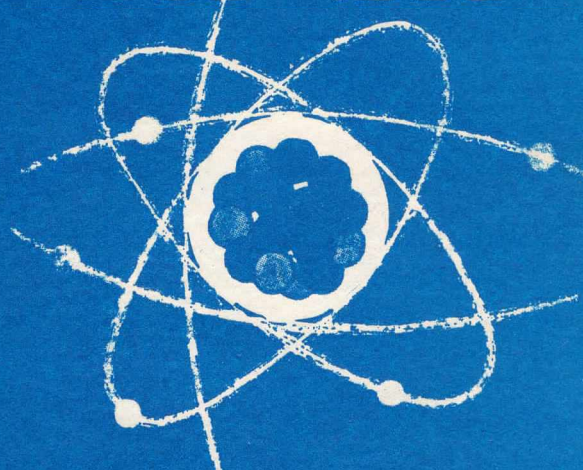


Elektrotehnički fakultet
Univerziteta u Beogradu

PREGLED
OBLASTI
DELOVANJA
ODSEKA ZA

TEHNIČKU FIZIKU
1955–1980



Beograd, 1980.

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU

**PREGLED OBLASTI DELOVANJA
ODSEKA ZA TEHNIČKU FIZIKU**

1955 – 1980

Beograd, 1980.

Izdaje

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET
u Beogradu, Odsek za tehničku
fiziku

Urednici

Dr ing. Božidar V. Stanić
Dr ing. Mihailo T. Marković
Mr ing. Jovan M. Elazar

Štampa: Zavod za grafičku tehniku
Tehnološko-metalurškog fakulteta
Beograd, Karnegijeva 4.

Povodom 25 godina uspešnog rada Odseka za tehničku fiziku na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu održana je 31. maja 1980. godine akademija sa svečanim i radnim delom. U radnom delu akademije, diplomirani inženjeri sa Odseka za tehničku fiziku, poznati i afirmisani stručnjaci i naučnici, govorili su o stručnim i naučnim oblastima u kojima su se afirmisali diplomirani stručnjaci na Odseku (preko 700 inženjera od kojih oko 130 magistara i oko 80 doktora nauka). U ovoj knjižici štampana su njihova autorizovana izlaganja.

U Beogradu,
oktobar, 1980.

Starešina
Odseka za tehničku fiziku
Dr B.V. Stanić

NUKLEARNA ENERGETIKA I FIZIKA

Dr Petar Strugar

Institut "Boris Kidrič" Vinča

Nuklearna energetika - energetika stoleća kako je neki zovu, nalazi se u žiži naučnih istraživanja i tehničkih ostvarenja. Razlog tome leži u činjenici što su klasični energetske izvori sve manje u stanju da podmire stalno rastuće potrebe za energijom. Ograničenost fosilnih energetskih sirovina i hidropotencijala, njihovo znatno korišćenje u neenergetske svrhe, očuvanje životne sredine i razne druge okolnosti vezane za kopanje rude, preradu, transport i njeno skladištenje, čine već danas klasične energetske izvore limitirajućim faktorom sveukupnog razvoja svake zemlje. Solarna energija i drugi tzv. novi energetske izvori (geotermalna energija, vetar, plima i oseka, energija morskih talasa i morskih strujanja, biomasa i drugo) takodje su jako ograničenog dometa, a često i problematičnog karaktera.

Jedino nuklearna energija nudi prevazilaženje energetske krize, kako u bližoj tako i u daljoj budućnosti. Nedavno višestruko povećanje cene sirovine nafte imalo je za posledicu, između ostalog, povećanje konkurentne sposobnosti nuklearnih elektrana. Do sada se nije isplatilo koristiti nuklearno gorivo koje se dobija iz uranom siromašnijih ruda. Pored toga, sada je ekonomski opravdano graditi i nuklearne elektrane srednjih i manjih kapaciteta, što je posebno značajno za zemlje u razvoju. Nije bez značaja ni činjenica što nuklearne elektrane mogu značajno doprineti smanjenju porasta uvoza nafte.

Navedeni faktori su usloveli razvoj snažne nuklearne industrije u većem broju zemalja, koja gradi nuklearna postrojenja za komercijalnu proizvodnju električne energije. U svetu se sada nalazi u komercijalnoj eksploataciji 240 nuklearnih elektrana. One proizvode 10 puta više električne energije nego sve jugoslovenske elektrane zajedno. Iako je to svega 5% produkcije električne energije, predviđa se da će krajem ovog veka udeo

nuklearnih elektrana u ukupnoj svetskoj proizvodnji električne energije iznosi oko 40%.

Uporedo sa daljim usavršavanjem i standardizacijom nuklearno-energetskih postrojenja lakovodnog i teškovodnog tipa, intenzivno se u svetu radi na razvoju drugih energetskih nuklearnih reaktora kao što su brzi oplodni, visokotemperaturski i fuzioni sistemi.

Osnovni razlog potrebe razvoja brzih oplodnih reaktora je u tome što je iskorišćenje urana u njima i do 60 puta veće nego kod savremenih nuklearnih elektrana. Izvanredno niska potrošnja urana u brzim oplodnim reaktorima i uzgredna proizvodnja većih količina plutonijuma dovodi do toga da je gorivna komponenta ovih postrojenja od manjeg uticaja na cenu energije nego kod sada komercijalnih nuklearnih elektrana. Međutim, druge okolnosti koje ograničavaju izbor prostijih tehničkih rešenja čine ova postrojenja jako skupim. Specifične investicije nuklearnih elektrana sa brzim oplodnim reaktorima su danas 2 do 3 puta veće nego kod nuklearnih elektrana sa termalnim reaktorima. Doda li se ovome navodna opasnost u smislu širenja nuklearnog oružja zbog prilične proizvodnje plutonijuma, sledi da jedino veća nestašica prirodnog urana može da pospeši dalji razvoj brzih oplodnih reaktora. Zbog toga se predviđa da će brzi oplodni reaktori snage preko 1000 električnih megavata u većem broju ući u komercijalnu eksploataciju tek krajem ovog i početkom narednog veka.

Visokotemperaturski gasom hladjeni reaktori predstavljaju poseban pravac razvoja nuklearno-energetskih postrojenja, sa izgledom na dostizanje visokog stepena termičkog iskorišćenja. U svom dosadašnjem razvoju ovi reaktori su težili postizanju izlazne temperature hladioca i do 1000°C , čime se ostvaruju uslovi za efikasno korišćenje gasne turbine i za direktnu primenu nuklearnih reaktora u industrijskim procesima, posebno za gasifikaciju uglja i proizvodnju vodonika.

Već duže vreme u više zemalja se intenzivno obavljaju istraživanja sa ciljem iznalaženja i ostvarenja uslova za realizaciju fuzionih energetskih sistema. Smeliji istraživači ove oblasti tvrde da će se prototipovi fuzionih reaktora pojaviti krajem ovog veka, a da se njihova komercijalna primena može očekivati u prvim decenijama narednog stoleća. Na taj način bi u načelu bili rešeni osnovni energetski problemi za mnogo vekova. Ali time se ne završava priča o svim mogućnostima nuklearne

energije. Naučnici već ukazuju na neslućene energetske potencijale nukleona i drugih subatomske čestice. Koliko su u pravu pokazaće dalji razvoj nuklearne fizike.

Posmatrajući našu energetske situaciju može se zapaziti da su neke stvari dosta slične, a druge opet veoma različite od svetskog proseka. Kao prvo, Jugoslavija po ukupnom energetske potencijalu spada u siromašnije zemlje. Drugo, učešće nuklearnih sirovina u našem energetske potencijalu je neodređeno zbog nedovoljne istraženosti zemlje u tom pogledu i neizvesnosti komercijalnog razvoja budućih nuklearno-energetskih postrojenja. Zato se, pored ostalog, potencijal naših zaliha urana sa otprilike istom verovatnošću može proceniti na pet kao i na pedeset ili više procenata ukupnog energetske potencijala zemlje. Ovo je samo jedna od posledica drastičnog redukovanja nuklearnog programa krajem šezdesetih godina. Kao što je poznato, odmah posle Drugog svetskog rata za svrhe razvoja nuklearne energije osnovano je nekoliko istraživačkih instituta i drugih institucija, gde spada i osnivanje Odseka za tehničku fiziku na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu 1955. godine. Krajem pedesetih i početkom šezdesetih godina naša nuklearna istraživanja se više usmeravaju na nuklearnu tehniku i tehnologiju (gradnja istraživačkih reaktora, akceleratora, "vrućih" laboratorija, laboratorija za nuklearne materijale i drugo). Oko 1966. godine dolazi se do saznanja da napor koji bi zemlja trebala da uloži u jedan celovitiji nuklearno-energetski program prevazilazi naše mogućnosti. U skladu sa načelom sve ili ništa napušta se dotadašnja orijentacija, što ima za posledicu gotovo potpuno ukidanje ionako nedovoljnog nuklearno-energetskog programa. To je izazvalo priličnu dezorijentaciju u shvatanju značaja nuklearne energetike i nuklearne energije uopšte, koja ni do danas nije u potpunosti otklonjena. Ubrzo posle toga otpočinju pripreme a kasnije i gradnja naše prve i zasada jedine nuklearne elektrane koja će uskoro otpočeti sa radom (Krško). Međutim, negde 1977. godine dolazi se do jednog drugačijeg saznanja, a to je da gradnja nuklearnih elektrana "pod ključ" neminovno vodi ka nuklearnoj kolonizaciji zemlje. Tada se pravi zaokret u pogledu naše nuklearno-energetske politike, u smislu da tehnička i tehnološka dostignuća u oblasti nuklearne energije treba osvajati odmah i u kontinuitetu, sa osloncem na domaća istraživanja i inostrana iskustva, naročito iskustva i potencijale nesvrstanih zemalja.

Potrebe za gradnjom nuklearnih elektrana kod nas su danas očigledne. Samo u poslednjih nekoliko godina svedoci smo niza drastičnih redukcija potrošnje električne energije. Po svemu sudeći ni godine koje nailaze neće biti svetlije. Naši energetske planeri nisu saglasni u tome kakvu ulogu treba da odigraju nuklearne elektrane u bliskoj budućnosti. Ali se listom slažu da je jugoslovenska elektroenergetska perspektiva nezamisliva bez značajnog udela tih postrojenja. Suštinski razlog za ovakvo mišljenje leži u činjenici što su zalihe naših fosilnih goriva zaista ograničene, a hidropotencijal daleko nedovoljan da dugoročno razreši elektroenergetsku krizu. Ni "novi" energetske izvori, bez obzira na njihov budući razvoj, nemaju tu snagu da bitno izmene očekivano nepovoljno stanje energetike. Tu ulogu kod nas kao i u čitavom iole razvijenom svetu može da odigra samo nuklearna energetika.

Odavno postoji odluka za gradnju druge naše nuklearne elektrane koja će, nadam se, uskoro početi da se gradi blizu Zagreba. Slovenija, Hrvatska, Srbija i Vojvodina kontinualno analiziraju potrebe i mogućnosti izgradnje narednih nuklearnih elektrana. Sve u svemu, realno je očekivati da će jugoslovenski elektroenergetski sistem u 21. vek ući sa najmanje 7 nuklearnih elektrana u pogonu i nekoliko njih u gradnji. Time se pruža mogućnost našoj industriji da zajedno sa naučnim, obrazovnim i drugim organizacijama udruženog rada ovlada nuklearnom tehnologijom. Takav doprinos sveukupnom razvoju našeg društva imao bi izuzetan značaj.

Odsek tehničke fizike Elektrotehničkog fakulteta čiju dvadesetpetododišnjicu obeležavamo, tokom minulih godina delio je sudbinu razvoja kako visokog školstva tako i nuklearne energije. Posle burnog početka, preko nesumnjivih uspeha neminovno praćenih i izvesnim razočarenjima, došlo se do današnjeg stanja koje mnogo više obećava nego što bi se moglo zaključiti na osnovu njegovog razvojnog puta zadnje decenije. Postoje realne potrebe da se ovom Odseku u daljem usmeravanju više da obeleži nuklearne energetike nego poslednjih godina. A da bi se to postiglo, pored niza oblasti finalne nuklearno-tehničke fizionomije, neminovno treba izučavati sve one fizičke discipline koje čine osnovu svakog energetske usmerenog programa. Da Odsek tehničke fizike nije bio i do sada tako celovito osmišljen, sumnjam da

bi bio u stanju da podnese sve čudi dosadašnjeg razvoja nuklearne energije i drugih fizičko-tehničkih oblasti. Takav Odsek bi mogao da bude solidno jezgro jednog budućeg fakulteta za energiju uopšte.

TEORIJSKA FIZIKA

*Dr Ratko Janev
Dr Djordje Šijački*

Institut za fiziku - Beograd

Jedna od osnovnih karakteristika nastavnog programa na Odseku za tehničku fiziku Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu je njegova orijentacija na temeljito zasnivanje svih disciplina koje ulaze u njegov sastav. Ovakva koncepcija programa stvara osnove ne samo za dalje kreativne primene stečenih znanja na raznim sektorima tehničke fizike već i za stvaralački rad u tako fundamentalnim oblastima kao što su matematička i teorijska fizika. Kadrovi ponikli sa Odseka za tehničku fiziku ETF, a koji danas aktivno rade u teorijskoj fizici, dali su zapažene naučne rezultate skoro u svim oblastima ove naučne discipline i značajno doprineli njenom razvoju u našoj zemlji. Bez pretenzija na kompletnost, ovaj kratak osvrt ima za cilj da prikaže samo one od postignutih rezultata koji su postali sastavni deo svetskog progressa u teorijskoj fizici poslednjih dveju decenija.

1. Teorijska atomska i molekularna fizika

Centralna istraživačka oblast savremene atomske i molekularne fizike predstavljaju procesi pri interakcijama atomskih čestica koji dovode do promena kvantnih stanja ili struktura čestica. Ovi procesi igraju aktivnu ulogu u svim gasnim i jonizovanim sredinama i odredjuju, pored ostalog, optičke, električne i transportne karakteristike ovih sredina. Implikacije proučavanja atomskih sudarnih procesa na razvoj danas tako značajnih oblasti kao što su fizika lasera, kontrolisana termonuklearna fuzija i MHD-generatori, fizika oko-zemaljskog prostora, astrofizika itd. su ogromne. Od fizičkih problema, u rešavanju kojih je jugoslovenska fizika atomskih sudarnih procesa dala bitan doprinos, nabrajamo:

- procesi sa zahvatom elektrona pri jon-atomskim sudarima

(rezonantna i nerezonantna teorija dvo-elektronskog zahvata, teorija jon-jonske rekombinacije i drugih procesa sa jonsko-kovalentnom neadijabatskom spregom, teorija izmene naelektrisanja negativnih jona);

- neelastični procesi pri sudarima atoma sa mnogostrukim jonima (teorije procesa izmene naelektrisanja, ekscitacije i jonizacije);

- neelastični procesi pri sudarima atoma sa Rydbergovim (visokopobudjenim) atomima (otkriveni novi mehanizmi ovih procesa);

- razvoj asimptotskog metoda opisivanja atomskih sudara;
- ejkonalna formulacija problema tri tela u atomskim sudarnim procesima;

- razvoj Heitler-Londonovog i Landau-Herringovog metoda za izračunavanje izmenske interakcije između atomskih čestica (generalizacije ovih metoda na specifične situacije i na procese sa izmenom više elektrona);

- elektron-atomski i foton-atomski procesi (analiza ovih procesa pomoću mnogočestičnih funkcija Greena, studija kolektivnih oscilacija u atomima);

- jon-atomski sudarni procesi pri relativističkim energijama (relativistički efekti u jonizaciji).

Pored više od stotinu originalnih publikacija po više nabrajenim problemima (od čega bar polovinu štampani u međunarodnim časopisima), rezultati istraživanja u ovoj oblasti su predstavljani i u tri pregledna članka, u nizu uvodnih predavanja na međunarodnim i nacionalnim naučnim skupovima i našli su širokog odjeka u tekućoj naučnoj periodici i monografskoj literaturi.

2. Fizika slabojonizovanog gasa i plazme

Sa značajnim uspehom su proučavani razni problemi u fizici slabojonizovanih gasova i plazme, vezani za njihovo makroskopsko ponašanje i druge efekte. Ova teorijska proučavanja, iako fundamentalna po svom karakteru, bila su istovremeno usmerena na rešavanje određenih konkretnih zadataka.

Iz aktivnosti u ovoj oblasti izdvajamo:

- transportne pojave (difuzija i pokretljivost) u laboratorijskim plazmama sa negativnim jonima ili sa višestruko pozitivno naelektrisanim jonima;

- kinetika foto-hemijskih reakcija u stratosferi i nižim slojevima jonosfere, posebno u uslovima njihove perturbacije fizičko-hemijskim agensima;

- kinetički i radijacioni procesi u gasnim i hemijskim laserima i istraživanja novih mehanizama stvaranja inverzne populacije za gasne lasere.

3. Fizika interakcije atomskih čestica sa čvrstim površinama

Procesi pri interakciji atomskih čestica sa površinom čvrstog tela predstavljaju relativno novu istraživačku oblast fizike, čiji brzi razvoj je u poslednjoj deceniji bio posebno stimulisan problemom plazma-zid interakcije u savremenim plazmenim mašinama (toroidalne fizione mašine, MHD-generatori, termojonski konvertori i dr.). Značajni naučni doprinosi u ovoj oblasti su postignuti na proučavanju sledećih problema:

- procesi rezonantne jonizacije atoma (odnosno neutralizacije jona) pri sudarima atomske čestice sa površinom čvrstog tela;

- Neradijativni (Ože) procesi u ovim sudarima i emisija sekundarnih elektrona;

- Neelastični procesi atomskih čestica pri sporim sudarima sa površinom, pokrivenom sub-monoatomskim (dipolnim) slojem.

- Relaksacioni procesi atomskih čestica pri interakciji sa površinom čvrstog tela.

Rezultati ovih istraživanja, s obzirom na njihove vanredno značajne praktične implikacije, dobili su zapaženi odziv u svetskoj naučnoj javnosti.

4. Fizika čvrstog tela

U oblasti fizike čvrstog tela razvijena je takodje široka i uspešna aktivnost. Postignuti su niz originalnih rezultata koji su ušli u stalni fond savremenih saznanja o feroelektričnim i feromagnetnim pojavama u čvrstim supstancama i teoriji magnetizma. Fundamentalna istraživanja sa značajnim naučnim rezultatima su se vršila u sledećim oblastima:

- neutronske rasejanje na uredjenim sistemima (feroelektrici, fero- i antiferomagnetici, tečni kristali itd. pri konačnim i kritičnim temperaturama);

- dinamička teorija feroelektrika sa vodoničnom vezom;

- jedinstvena teorija feroelektričnih i strukturnih faznih prelaza;
- superprovodnici sa lokalnim strukturnim nestabilnostima;
- teorija primesnih kristala;
- teorija feromagnetizma (na bazi efekata izmene više elektrona);
- teorija superprovodnosti (ekscitonski i polaritonski mehanizmi fenomena, uticaj laserskog zračenja na superprovodnost; uticaj strukturnog faznog prelaza na superprovodnu kritičku temperaturu);
- solitoni u jednodimenzionim molekularnim kristalima.

Rezultati istraživanja u navedenim oblastima fizike čvrstog tela objavljeni su u oko 50 publikacija u renomiranim svetskim časopisima, predstavljeni jednim uvodnim predavanjem na međunarodnom naučnom skupu (jedinstvena teorija feroelektričnih i strukturnih faznih prelaza) i u jednoj monografiji na inostranom jeziku (dinamička teorija feroelektrika).

5. Elementarne čestice, gravitacija i teorija polja

Jedan od najznačajnijih problema u fizici elementarnih čestica je problem određivanja spektra hadronskih rezonanci, tj. sistema eksitacija jako interagujućih čestica. Pošto nije poznata definitivna priroda jakih interakcija pribegava se opisu spektra hadrona koristeći modele "efektivnih" jakih interakcija. Jedan od takvih modela je baziran na dinamičkoj simetriji $SL(3, R)$. Pokazano je da ovaj model reprodukuje Regge klasifikaciju hadronskih stanja, a odgovarajući generalisani model, koji uključuje i unutrašnje stepene slobode, korektno reprodukuje spektar barionskih i mezon-skih multiplleta.

Nedavno je u procesima elektron-pozitron anihilacije otkriven čitav niz novih elementarnih čestica, od kojih su najlakše interpretirane kao vezana stanja hipotetičkih čestica kvarkova sa novim kvantnim brojem. Predloženo je da se teži vektorski mezoni u intervalu od 4 do 6 GeV interpretiraju kao vibracije eksitacije nove vrste "elementarnog" objekta sa prostornom strukturom. U okviru modela vibracionih stanja moguće je objasniti razlike u masama pojedinih stanja, unutrašnje kvantne brojeve kao i neočekivanu stabilnost ovih čestica. Isto tako je moguće razumeti dozvoljive kanale raspada sa promenom kvantnih brojeva stranosti i šar-

ma. Relativistička verzija ovog modela uključuje, pored orbitalnih i vibracionih i radijalne eksitacije.

Einstein-Cartan-ova teorija gravitacije predstavlja prirodno uopštenje Einstein-ove teorije na slučaj kada se u teoriju uvedu i čestice sa spinom. Ova teorija se može formulisati kao teorija polja sa lokalnom gradijentnom simetrijom baziranom na Poincaré-ovoj grupi. Teškoće kvantne teorije gravitacije su prvenstveno u njenoj izrazitoj nerenormalizabilnosti, a naravno i u nedostatku eksperimentalnih informacija na malim rastojanjima. Analizirajući sa jedne strane maksimalnu prirodnu strukturu lokalne simetrije u prostor-vremenu, a sa druge strane fenomenološke indikacije o prirodi spektra elementarnih čestica, dolazi se do generalne afine grupe simetrije. Kvizikonzervirane Noether struje ove simetrije objašnjavaju uspešnost nerelativističkih modela u opisu izvesnih aspekata spektra hadrona, Regge klasifikaciju čestica kao i fenomen "skaliranja". Formulirana je lokalna gradijentna teorija polja bazirana na generalnoj afinoj grupi simetrije. Osnovni objekti teorije su gradijenti potencijali koje čine tetradni koeficijenti i uopšteni koeficijenti povezanosti, a odgovarajući izvedeni objekti su polja torzije i uopštena polja krivine. Stanja hadrona su opisana beskonačno komponentnim poljima grupe generalnih linearnih transformacija, dok su leptoni pridruženi nelinearnim reprezentacijama afine simetrije što se esencijalno svodi na opis Dirac-ovim poljem. Izvedene su opšte jedinačine kretanja i diskutovan je izbor lagranžijana gradijentnih polja. Ova teorija sadrži Einstein-Cartan-ovu teoriju gravitacije, kao i dodatne interakcije Yang-Mills-ovog tipa. Dodatne interakcije su efektivno kratkog dometa i otvaraju mogućnost povezivanja sa jakim interakcijama.

Dat je doprinos problemu renormalizacije kvantne elektrodinamike. Razmatrana je tzv. konačna elektrodinamika u kojoj je procedura računanja fizički relevantnih veličina suštinski izmenjena, i u kojoj su sve popravke nastale zbog renormalizacije konačne. Izveden je izraz za matricu rasejanja u vakuumu, a takođe su dobijeni i uslovi pod kojima ona može biti konačna.

5. Matematička fizika

U domenu matematičke fizike radjeno je sa jedne strane na razvijanju matematičkih disciplina za kojima se ukazala potreba

u rešavanju konkretnih fizičkih problema, a sa druge strane na prilagodjavanju dobro poznatih matematičkih formalizama na oblik pogodan za neposrednu primenu u teorijskoj fizici. •

Jedan od značajnih problema u primeni teorije grupa u analizi simetrije fizičkih sistema i posebno u njihovom kvantno-mehaničkom opisu je problem ekstenzija grupe simetrije. Problem se sastoji u odredjivanju ukupne grupe simetrije ako su poznate dve parcijalne grupe simetrije. Nadjeno je opšte rešenje ovog problema, koje je izraženo preko tzv. generalisanog semidirektnog proizvoda. Posebna prednost ovog rešenja problema sastoji se u mogućnosti neposredne analize korelacija kvantnih brojeva i u mogućnosti primene teorije indukovanih reprezentacija, tj. odredjivanju degeneracije energetskih nivoa, "dobrih" kvantnih brojeva, itd.

U poslednje vreme, u primeni grupe simetrije na kvantne sisteme značajno mesto imaju unitarne ireducibilne reprezentacije nekompaktnih grupa. Kompleksnost problema je u tome što su obe reprezentacije beskonačno dimenzione, a npr. za realne grupe transformacija ne postoji čak ni kompletno razvijen osnovni matematički aparat. Nadjene su reprezentacije, odgovarajući skalarni proizvodi, matrični elementi nekompaktnih operatora, itd. univerzalno prepokrivajućih grupa $SL(3,R)$ i $SL(4,R)$ kao i grupe $SL(2,C)$. Odredjeni su i beskonačni nizovi angularnih momenata odredjenih unitarnim ireducibilnim reprezentacijama.

U cilju formulisanja osnove za izgradnju supersimetričnih afinih teorija gravitacije sa boze-fermi simetrijom, konstruisani su osnovni modeli superalgebri bazirani na trodimenzionim i četvorodimenzionim specijalnim linearnim algebrama.

Nalaženje kanonske, tj. najjednostavnije forme date kompleksne matrice, u odnosu na transformacije unitarne kongruencije, je od značaja u tenzorskoj algebri u vezi sa kanonskom formom dvostruko kovarijantnih i kontravarijantnih tenzora, kao i u teoriji električnih kola. Ovaj problem je rešen za tzv. konjugovano normalne matrice; nadjena je konkretna forma traženih matrica, kao i forma matrice koje datu matricu prevode u kanonsku formu. Specijalne slučajeve čine simetrične, kososimetrične i unitarne matice.

Pri radu sa sistemima koji se sastoje od velikog broja identičnih čestica istog angularnog momenta kao što su magnetni sistemi, multiplionski sistemi ili sistemi čestica koje se kreću u potencijalu harmonijskog oscilatora, potrebno je konstruisati simetrična stanja, kao i stanje sistema posle uklanjanja jedne, dve,

tri ili više čestica. Ova stanja su eksplicitno konstruisana koristeći metode teorije grupa.

Evolucija višestrukih sistema se može opisati preko dinamike korelacija, a da bi se ostvarila veza između dinamičkog i termodinamičkog opisa sistema velikog broja čestica uveden je pojam subdinamike. Za opis nehomogenih sistema u terminima subdinamike potrebno je klasifikovati korelacije i pridružiti različite tipove subdinamika odgovarajućim korelacijama. Pokazano je da u termodinamičkom limitu velika klasa povezanih dijagrama, koji opisuju dinamiku korelacija, daje zanemarljiv doprinos.

PUTEVI RAZVOJA MIKROELEKTRONIKE

Dr Radivoje Popović

EI - Fabrika poluprovodnika - Niš

U ukupnom razvoju ljudskog društva bilo je malo otkrića koja su tako duboko, sveobuhvatno i burno uticala na njegov razvoj kao što je to slučaj sa otkrićem tranzistora. Još manje ima primera da je jedno otkriće tako bremenito novim i da u tako dugom periodu, već više od 30 godina, otvara sve nove i nove horizonte čovekovog tehničkog stvaralaštva, tako da se tome još ne može ni naslutiti kraj.

Primena tranzistora je bitno uticala na elektroniku već ubrzo posle njegovog otkrića; no pravi, dramatičan razmah razvoja elektronika je doživela primenom integrisanih kola, naprave koja je svakako jedna od najvažnijih direktnih posledica razvoja tranzistora, a u kojoj su njegove izvanredne osobine došle do svog punom izražaja. Zahvaljujući primeni i izuzetno brzom razvoju integrisanih kola, industrija elektronike je postala pokretač celokupnog razvoja industrije razvijenih zemalja. Taj uticaj je tako snažan i tako suštinski i sveobuhvatan da se cela pojava već naziva Trećom industrijskom revolucijom.

Industrija koja se bavi proizvodnjom integrisanih, ili, kako se još zovu, mikroelektronskih naprava, danas predstavlja i sama za sebe značajan deo industrije razvijenih zemalja. Ona zapošljava dosta radnika i veliki broj inženjera i naučnika; presudno utiče na brzi razvoj jednog dela industrije opreme, koja postaje sve komplikovanija, skuplja, a ciklus njenog tehničkog zastarevanja se već dugo održava na svega tri godine; nametnula je razvoj sasvim nove grane hemijske industrije, koja proizvodi materijale izvanredne čistoće, itd.

Glavni proizvod ove industrije su integrisana kola tzv. velikog stepena integracije: ona sadrže do 100.000 tranzistora. Njihove dimenzije su 2-5 μm , što je samo nekoliko puta veće od talasne dužine vidljive svetlosti i reda veličine nekih bakterija. Zahvaljujući tako malim dimenzijama elemenata i adekvatnoj orga-

nizaciji kola, u ovim napravama su postignute ogromne gustine pakovanja elektronskih funkcija: na pločicama površine reda 10 mm^2 smešteni su 16 - bitni mikroprocesori, memorije sa 64 K bita, 16 - bitni A-D i D-A konvertori, itd.

Odsjaj ovakvog razvoja u razvijenim zemljama osećamo svakodnevno i mi, u Jugoslaviji. Nažalost, pored blagodeti koje taj razvoj donosi, za nas je jedna od glavnih njegovih posledica i stalni odliv stranog novca, koji trošimo za uvoz bilo elektronske, bilo druge opreme koja se kontroliše elektronikom.

U Jugoslaviji se mikroelektronska kola danas praktično još uvek ne proizvode. Medjutim, svi veći jugoslovenski proizvođači elektronskih uređaja su napravili prve korake u tom smislu: "Iskra" je sagradila u Ljubljani fabriku mikroelektronskih kola, čije se puštanje u rad očekuje krajem 1981. godine; "Rudi Čajevec" gradi fabriku hibridnih integrisanih kola u Banja Luci; "EI" Niš gradi pogon za proizvodnju C/MOS integrisanih kola u okviru postojeće Fabrike poluprovodnika u Nišu. Početak rada ovog pogona predviđa se takodje krajem 1981. godine.

Svesni stratezijskog značaja mikroelektronike, naši vojni i državni organi pružaju podršku ovim projektima. Tako će, na primer, elektronika uopšte, a mikroelektronika posebno dobiti status oblasti od posebnog značaja u Republici Srbiji u narednom srednjoročnom periodu. To će svakako na odgovarajući način uticati na usmeravanje novca za investicije, finansiranje istraživačkih projekata itd.

No, i uz svesrdnu podršku društva, razvoj mikroelektronike u Jugoslaviji do nivoa kakav je u razvijenim zemljama neće biti nimalo lak. Na tom putu postoji mnogo ograničavajućih faktora: velika sredstva koja su neophodna za nabavku i stalno obnavljanje odgovarajuće opreme, razna ograničenja u pogledu nabavke ove opreme i nekih stratezijskih materijala koje nameću najrazvijenije zemlje, nizak opšti nivo jugoslovenske industrije (što, između ostalog, ograničava potrošnju mikroelektronskih kola u zemlji), itd. Možda je jedan od glavnih ograničavajućih faktora i nedovoljan broj stručnjaka koji bi bili sposobni da za kratko vreme osvoje tehnologiju mikroelektronskih kola na savremenom nivou i da nastave razvoj ove oblasti tempom koji će sprečiti dalje zaostajanje za razvijenim zemljama. Kako vreme prolazi, to će biti sve teže i teže, jer:

Dalje usavršavanje konstrukcije i tehnologije mikroelek-

tronskih kola ni iz daleka nije blizu zasićenja. Već danas se u razvoju nalaze kola sa minimalnim linearnim dimenzijama elemenata od oko 1 μm , a može se predvideti da će se pre kraja stoleća proizvoditi kola sa dimenzijama elemenata ispod 100 nm - dakle dimenzija nekih virusa. Broj tranzistora u ovakvim kolima vrlo velikog stepena integracije će ubrzo biti preko 1.000.000, a kola će obavljati funkcije današnjih uređaja, na primer - računara. Na taj način, tehnika integrisanih kola će izgleda početi da se približava onom fantastičnom cilju koji je bio postavljen pedesetih godina, pre pronalaska današnjih metoda integracija: da se informacije zapisuju i obraduju na molekulskom nivou. Uostalom, posle poslednjih rezultata u oblasti genetskih istraživanja, kao da se nazire još jedan put ka tom cilju.

No već i rad sa danas dostupnim minimalnim tranzistorima nameće niz novih problema: u bipolarnim tranzistorima sa veoma tankom bazom treba očekivati znatan uticaj pojave tunelovanja nosilaca na karakteristike; u MOS tranzistorima sa kratkim kanalom će pojava proboja parazitnog lateralnog bipolarnog tranzistora sors-podloga-gejt i proboja dielektrika gejta biti tako izražena, da će verovatno morati da se promeni konstrukcija tranzistora, a sigurno i da se bitno snizi napon napajanja; zbog izuzetno malih dimenzija elemenata, neki savremeni modeli pojava u njima postaće neadekvatni. Naime, većina savremenih teorija pojava u poluprovodničkim napravama bazira na pretpostavci da su aktivne oblasti u njima mnogo veće od međujatomskih rastojanja i slobodnog puta nosilaca; u novim, minijaturnim napravama to više neće biti slučaj. Ne bi se iznenadio ako se u dogledno vreme pojave novi modeli u ovim napravama, bazirani na direktnoj primeni kvantne i statističke fizike.

Zbog izuzetno malih količina elektriciteta i niskih naponskih nivoa sa kojima će raditi minijaturne logičke ćelije, pojaviće se problem šuma i smetnji usled prirodnog alfa i kosmičkog zračenja. To će nametnuti nova rešenja kako u konstrukciji samih ćelija, tako i u konstrukciji kola i sistema. Verovatan način izbegavanja problema šuma će biti snižavanje temperature sistema, tj. razvoj krioelektronike. Znatan, ako ne presudan uticaj u ovoj oblasti će imati i prelazak iz istraživačkih laboratorija u proizvodne hale suštinski nove naprave, koja svoj rad bazira na super provodnim, Džozefson-ovim spojevima.

U oblasti tehnologije, glavni problemi se očekuju u fotoli-

tografiji - postupcima formiranja geometrijskih oblika elemenata u mikroelektronskim kolima. Odgovarajuća tehnička rešenja su u principu već sada poznata: primenjivaće se direktno "crtanje" figura na pločici elektronskim ili jonskim snopom, ili će se zato koristiti X - zraci; nagrizanje tankih slojeva će se vršiti plazmom i jonskim bombardovanjem; za nanošenje tankih slojeva će se koristiti jonska epitaksija ili plazma - hemijski postupci; laseri će se koristiti za odgrevanje površine kristala, itd. U cilju minimizacije parazitnih kapacitivnosti, kola će se proizvoditi na tankom filmu monokristalnih poluprovodnika koji leži na podlozi od dielektrika - npr., safira. Sem od silicijuma, u cilju povećanja brzine rada, proizvođaće se i integrisana kola na bazi drugih materijala sa velikom pokretljivošću nosilaca - npr. od galijum-arsenida.

Prema tome, dalji razvoj i konstrukcije i tehnologije integrisanih kola, kao i opreme pomoću koje se ona proizvode, u velikoj meri će zavisiti od poznavanja fizičkih pojava koja se danas obično ne povezuju sa elektronikom. Nove generacije stručnjaka, koje će svoje znanje, genijalnost i stvaralački žar posvetiti ovoj uzbudljivoj oblasti, moraju biti obrazovane na odgovarajući način. Osnovne karakteristike tog obrazovanja očigledno moraju biti sledeće: da studentima pruži široku i čvrstu osnovu iz fundamentalnih nauka, da ih upozna sa savremenim stanjem tehnike u prioritarnim oblastima, i da im razvije maštu i radoznalost. Ja sam ubedjen da će Odsek za tehničku fiziku, koji je u toku minulih 25 godina širio granice saznanja svojim studentima van okvira uobičajenih na našim univerzitetima i dalje dostojno izvršavati svoj deo tog zadatka. U ostalom, takvim stilom je Odsek i stvorio klice nas, pionira naše mikroelektronike.

OPTOELEKTRONIKA

Dr Zoran Djurić
Institut za HTM - Beograd

U širem smislu reči optoelektronika je jedna relativno nova naučno-tehnička disciplina, koja za predaju, obradu i pamćenje informacija koristi i optičke i električne komponente i metode. Drugim rečima, za razliku od elektronike gde se informacije prenose naelektrisanim česticama, pre svega elektronima, u optoelektronici se prenos informacija obavlja i naelektrisanim česticama i fotoni.

Sa aspekta sadržaja, optoelektronika obuhvata tri krupne oblasti: infracrvenu tehniku, prenos informacija svetlovodima i integralnu optoelektroniku u koju se mogu uključiti i optoelektronski indikatori. Treba reći, da se u zadnjoj dekadi, blagodareći energetske krizi intenzivno razvija još jedna oblast koju ćemo mi uslovno nazvati energetska optoelektronika. Energetska optoelektronika bavi se problemima direktnog pretvaranja energije Sunca u električnu energiju.

1. *Infracrvena tehnika* se naglo počela razvijati posle drugog svetskog rata i proučava emisiju, prostiranje i metode detekcije svetlosti u infracrvenom području. Obzirom da je ovde osnovni medijum kroz koji se svetlost prostire atmosfera, posebna se pažnja posvećuje prostiranju i detekciji infracrvenog zračenja u oblasti povećane propustljivosti atmosfere (tzv. optički prozori) $(3-5)\mu\text{m}$ i $(8^{-13})\mu\text{m}$.

U pogledu komponenata, infracrvena tehnika koristi pored klasičnih, optičkih, elektronskih i elektromehaničkih komponenata kao što su sočiva, ogledala, prizme, polarizatori, elektronski pojačavači, skaneri, modulatori i savremene komponente lasere i poluprovodničke fotodetektore.

Centralni deo svakog infracrvenog sistema je upravo fotodetektor i praktično najveći istraživački napori u ovom trenutku

usmereni su na proučavanje i iznalaženje novih visokokvalitetnih fotodetektora. Uspesi nauke u ovoj oblasti su veliki; naime danas se već proizvode fotodetektor čije su mogućnosti detekcije ograničene samo fluktuacijama zračenja okoline. Zbog potrebe hladjenja, koja je uslovljena činjenicom da su prelazi nosilaca struje koje izaziva infracrvena svetlost, energetski posmatrano $\ll kT$ na sobnoj temperaturi, u infracrvenoj tehnici je razvijen niz minijaturnih hladnjaka koji u slučaju detektora dubljeg infracrvenog područja održavaju njihovu temperaturu čak i na nekoliko stepeni Kelvina.

Savremena infracrvena tehnika teži da iz upotrebe izbaci elektromehaničke sisteme za skaniranje koji su relativno malo pouzdani i veliki po gabaritima. U tom cilju, veliki naponi se čine radi dobijanja mozaičnih fotodetektora i integraciju fotodetektora ovog tipa sa pojačavačkim sistemom.

Primena infracrvene tehnike je posebno velika u sistemima za praćenje, osmatranje i navodjenje. Jasno je da su ove namene pretežno vojnog karaktera. Potrebno je istaći da su i civilne primene takodje velike, npr. primena termovizije u medicini, iznalaženje nalazišta rude snimanjem sa velikih visina, nalaženje mesta velikih toplotnih opterećenja u elektronskim i energetskim sklopovima, u mašinstvu, gradjevinarstvu itd.

2. *Prenos informacija svetlovodima* je sasvim nova oblast optoelektronike, koja se zadnjih godina rapidno razvija blagoda-reći poboljšanju tehnologije optičkih staklenih vlakana (smanjenju gubitaka) i razvoju novih izuzetno pouzdanih i minijaturnih izvora svetlosti - superluminiscentnih dioda i poluprovodničkih lasera. Preimućstva prenosa informacija optičkim vlaknima doći će do izražaja već u dekadi koja je pred nama. Pored niza drugih razloga jedan od najvažnijih je povećanje cene bakra obzirom na njegove ograničene rezerve. Sa druge strane svetske rezerve kvarca, osnovne sirovine za dobijanje svetlovođa, su praktično neiscrpne.

Smatra se da će primena svetlovodnih sistema biti naročito velika u telefoniji, televiziji, računskoj tehnici, avionskoj elektronici, mernoj tehnici itd.

3. *Integralna optoelektronika* je praktično najmladja od sve tri gore pomenute oblasti. Osnovna ideja i osnovne tehnologije je pozajmljene su iz tehnologije integralnih kola. Naime, ovde se

teži formiranju optoelektronskih sistema u integralnom obliku, koji bi sadržao tankoslojne optoelektronske komponente kao što su dvodimenzionalne prizme, skretnice, delitelji, pojačavači svetlosnih signala, izvori svetlosti, modulatori, detektori itd., u jednoj jedinoj pločici.

Kao što je u uvodnom delu rečeno, energetska optoelektronika bavi se problemima direktnog pretvaranja energije Sunca u električnu energiju. U žiži interesovanja ove oblasti, nalaze se solarne ćelije, a nešto u manjoj meri i termoelektrični generatori. O značaju ove oblasti najbolje svedoči činjenica da su sve razvijenije zemlje sveta sačinile svoje nacionalne programe za istraživanja u ovoj oblasti.

I kod nas je, sa manje ili više zakašnjenja, započet rad gotovo u svim oblastima optoelektronike, a praćen je svim onim problemima koji su karakteristični za razvoj novih oblasti u našim uslovima.

Prema mojoj slobodnoj proceni u našoj zemlji u oblasti optoelektronike dakle radi više od 150 istraživača i ovaj broj se iz dana u dan povećava. Nekoliko laboratorija je u relativno kratkom vremenskom intervalu opremljeno na svetskom nivou, što svedoči o potrebama društva u ovoj oblasti. Takodje, i u nekoliko naših radnih organizacija, industrijski se proizvode neke optoelektronske komponente.

Na kraju, želeo bih da kažem sledeće: Iz izloženog se može zaključiti da je optoelektronika naučno tehnička disciplina izrazito interdisciplinarnog karaktera. Stručnjaci iz ove oblasti moraju poznavati fiziku materijala, posebno fiziku poluprovodnika i poluprovodničkih naprava, elemente klasične i kvantne optike kao i osnovne fizičko-hemijske procese u tehnologiji dobijanja optoelektronskih komponenata.

Kako je najveći deo pomenutih disciplina već sadržan u programskoj orijentaciji Odseka za tehničku fiziku, čiji jubilej proslavljamo, prirodno je da se baš na Odseku za tehničku fiziku školuju kompletni stručnjaci iz optoelektronike.

TEHNIČKA FIZIKA U JNA

Dr Ing Radovan D. Ilić
Vojnotehnički institut - Beograd

FIZIKA I TEHNIKA PLAZME

Dr Ing Svetozar S. Popović
Institut za fiziku - Beograd

UPRAVLJANJE SISTEMIMA

Dr Juraj Medanić
Institut "Mihailo Pupin" - Beograd

Automatsko upravljanje, ili šire gledano upravljanje sistemima doživelo je snažnu ekspanziju u godinama posle drugog svetskog rata. Kada se pogleda unazad, i ranije su se rešavali problemi upravljanja mehanizmima i procesima ali su se tek u poslednjih 30 godina stekli uslovi da se problemu upravljanja, umesto parcijalno i od slučaja do slučaja pristupi sistematski i sa neophodnom teoretskom, metodološkom i tehnološkom podlogom. Novi rezultati i razvoj pojedinih grana primenjene matematike omogućio je da se iz pojedinačnog izdvoji opšte i da principi postepeno prerastu u teoriju. Istovremeno su postavljeni i metodološki osnovi za sintezu upravljačkih sistema, a razvoj digitalne računске tehnike praćen minijaturizacijom omogućio je široku praktičnu primenu.

Upravljanje sistemima razvijeno je prevashodno na elektrotehničkim fakultetima, kako zbog veze sa radiotehnikom i električnim kolima i mašinama preko fenomena povratne sprege tako i zbog znatnog međusobnog uticaja pojedinih grana elektrotehnike i primenjene matematike i zbog razvoja digitalnih računskih mašina u okrilju elektrotehničkih fakulteta. Ovi uslovi omogućili su plodnu razmenu iskustava, kristalizaciju ideja i sintezu rezultata i doprineli sazrevanju oblasti. Ovaj istorijski tok događaja imao je odraza i kod nas i podstaknuo je da se na Elektrotehničkom fakultetu, a posebno na Odseku za tehničku fiziku, upravljanje sistemima odredi kao jedan od osnovnih pravaca usmeravanja kadrova. Sada posle 25^o godišnjeg rada Odseka za tehničku fiziku, koji je završio preko 650^f inženjera od kojih su sada preko 75 doktori nauke, i sa zasebnim Zavodom za upravljanje sistemima koji je specijalizovao preko 300 inženjera i preko 30 doktora nauka, može se samo konstatovati da postoji još više razloga za gajenjem ob-

lasti upravljanja sistemima na Elektrotehničkom fakultetu uopšte, i na Odseku za tehničku fiziku posebno. Jer, većina novih i uzbuđljivih istraživačkih oblasti u kojima upravljanje sistemima može da pruži značajan doprinos prirodno se razvijaju na elektrotehničkim fakultetima. Optičke komunikacije i laseri, telekomunikacije zasnovane na mikroprocesorima, satelitima i meteoritskim tragovima, informacioni sistemi i distribuirani sistemi računara, razvoj mikroprocesora na bazi integrisanih kola, elektroenergetika uopšte, a nuklearna energetika i novi izvori energije posebno, samo je najosnovniji izbor ovih oblasti. Dok ove oblasti otvaraju nove tehnološke mogućnosti teorija upravljanja doprinosi njihovom svestranom iskorišćenju.

Nasuprot konvencionalnoj, "vertikalnoj" podeli tehničko-tehnološke oblasti privrede, upravljanje sistemima prirodnije se uklapa u "horizontalnu" podelu u kojoj se diferenciraju kategorije delatnosti, kao što su proučavanje fundamentalnih fizičko-hemijskih procesa, modeliranje sistema, specifikacija ciljeva, formiranje informacione osnove, formalizacija problema u podesnom matematičkom obliku a zatim i simboličkom jeziku i, konačno, analiza i izbor rešenja pomoću računara. Upravljanje sistemima nameće horizontalnu podelu jer ona omogućava prenos metodoloških iskustava i rezultata iz jedne oblasti primene, kao što je sinteza električnih kola, ili aerodinamika, u drugu oblast, kao što je hidrološko prognoziranje ili praćenje kvaliteta vode.

Ima, svakako, oblasti u kojima su osnovni problemi takve prirode da je sistemski efekat malo izražen u odnosu na značaj elemenata u sistemu i primena iskustava i znanja iz oblasti upravljanja sistemima nije presudno. Međutim, sve više i više ima primera složenih sistema čije osnovne karakteristike značajno zavise ne samo od karakteristika elemenata u sistemu već od načina na koji su elementi povezani u celinu. U sintezi ovih sistema uz pomoć novih tehnologija od fundamentalnog su značaja pojmovi, metode i rezultati teorije upravljanja.

Novе tehnologije mogu se koristiti i bez odgovornog učešća stručnjaka na polju upravljanja sistemima ali sa negativnim posledicama koje prate svaki autohtoni razvoj, bilo da se ponovo pronalaze poznati rezultati ili da se njihovo postojanje i ne spozna. Do ovog najčešće dolazi zbog pritiska novih tehnologija na metodologiju što se upravo manifestuje i u svetu i kod nas. Naj-svežiji primer u svetskim razmerama povezan je sa rasprostranjenom

primenom mikrop procesora sa nedovoljnim poznavanjem dostignuća u oblasti upravljanja sistemima. U našim uslovima ovaj fenomen je najupečatljiviji u oblasti primene računara gde, izvan klasične oblasti obrade podataka, postoji ogroman nesklad između broja nabavljenih računskih sistema i njihove funkcionalnosti i opremljenosti programskom podrškom.

Zbog toga je sada u svetu a posebno kod nas presudan trenutak da se oblast upravljanja sistemima šire uključi u privredni razvoj, jer, ako se u ranijim periodima moglo govoriti o prednjačenju teorije ispred tehnologije i prakse gornji primeri rečito govore da nova tehnologija pruža izvanredne mogućnosti, posebno na polju prenosa informacija i upravljanja i vrši pritisak na teoriju i metodologiju da pruže neophodnu podršku za potpunije iskorišćenje otvorenih mogućnosti. Upravo zbog toga je neophodno da se i dalje i šire obučavaju stručnjaci na polju upravljanja sistemima, da se obezbedi njihovo dalje stručno usavršavanje i da se otklone pojedini negativni faktori. Činjenica da od oko 50 strateških projekata u oblasti tehničko-tehnoloških nauka u novom srednjeročnom planu Republičke zajednice za naučni rad nijedan nije iz oblasti upravljanja sistemima negativno će uticati na dalji razvoj ove oblasti kod nas i morao bi se prevazići. Analizom stručne delatnosti u ovoj oblasti uočava se takodje da je u proteklom periodu kod nas više pažnje posvećeno razvoju same nauke nego nalaženju njenog mesta u privrednom razvoju što bi takodje trebalo uravnotežiti. Konačno, na samu oblast i na njen značaj u društvu višestruko bi se pozitivno odrazilo šire organizovanje i povezivanje stručnih kadrova i veća razmena naučne misli kroz stručne skupove i časopise. Jer, pred oblašću upravljanja sistemima predstoji uzbudljiv i kreativan period.

U žiži interesovanja su problemi povezani sa daljim razvojem metoda sinteze statičkih, dinamičkih i adaptivnih regulatora za upravljanje složenim sistemima i metode strukturne sinteze složenih sistema, posebno onih koji se mogu okarakterisati kao mreže: elektroenergetske, vodovodne, saobraćajne, strukturne, komunikacione, informacione i druge. U ovim sistemima pojavljuje se više upravljačkih centara, sa višestrukim ciljevima upravljanja i sa distribuiranom informacionom strukturom. Pojavljuje se i određena organizaciona struktura na koju se često nadgrađuje hijerarhijska upravljačka struktura. Zbog višestrukih ciljeva, raspodeljene informacione strukture i pogodnosti dekompozicije problema upravlja-

nja na više hijerarhijskih nivoa pojavili su se novi informaciono-upravljački problemi za koje se za sad znaju samo fragmentarni rezultati i partikularni prilazi. Novi problemi pojavljuju se i usled toga što je i sam složeni sistem produkt sinteze pa se prirodno nameću problemi racionalnog izbora strukture sistema, definicije racionalnih ciljeva upravljanja, položaja mernih i upravljačkih jedinica, ukupnog broja regulatora i merača, raspodele informacija medju upravljačkim jedinicama, razmene informacija, izbora kriterijuma za pojedine regulatore i formalnog predstavljanja ovih kriterijuma. Definisani problemi imaju i tu draž da raspiruju maštu i podstiču kreativne sposobnosti, ali su prvenstveno značajni zato jer se sve više i više nameću u praksi. Istina je da navedeni problemi najakutnije pritiskuju privredne sredine sa visokim stepenom tehnološkog razvoja, i zbog toga kod nas do sada nisu pobudili dužnu pažnju. Medjutim, u eri otežanih ekonomskih uslova, nestašice energetske izvora i potencijalnih nestašica drugih osnovnih sirovina neminovna je orijentacija ka racionalnijim i efikasnijim sistemima, i s pravom se može očekivati da će upravljanje sistemima ovde dati značajan doprinos. Kao i uvek, koliko će se ovo ostvariti prevashodno zavisi od sagledane akutnosti problema i značaja koji njegovom rešavanju daje društvo, a zatim i od uspostavljanja neophodnih uslova da se daroviti mladi ljudi privuku i osposobe za stručno i kreativno delovanje u oblasti, i u ovome Elektrotehnički fakultet i Odsek za tehničku fiziku imaju ključnu ulogu i odgovornost.

RAČUNARI I TEHNIČKA FIZIKA

Ing Georgi Konstantinov
Institut "Mihailo Pupin" - Beograd

Prvi elektronski računari sa unutrašnjim programom pojavljuju se krajem Drugog svetskog rata i kao i niz drugih revolucionarnih tehničkih pronalazaka iz tog doba (da pomenemo samo nuklearni reaktor i radar) rezultat su mnogostruko intenziviranih istraživanja za vojne namene. Otada se može i smatrati da počinje savremena istorija elektronskog računara - tog svojevrsnog "tehničkog čuda" druge polovine dvadesetog veka.

Od tih prvih nepouzdanih laboratorijskih modela elektronskih računara, za nešto preko trideset godina, računari i obrada informacija pomoću računara, razvili su se u posebnu, tehničku i naučnu disciplinu takvog obima i značaja da su postali jedan od presudnih činioca privrednog i društvenog napretka savremene epohe. Računarska industrija je po sebi danas jedna od najznačajnijih i najpropulzivnijih privrednih grana industrijski razvijenog sveta. Istovremeno informatika, kao naučna disciplina i tehnologija sistematske i efektivne obrade informacija upotrebnom računara, postala je bitan faktor promena i razvoja praktično u svim oblastima savremenog društvenog i privrednog života (računari su danas od suštinskog uticaja u oblastima kao što su energetika, mašinogradnja, finansije, javna uprava, odbrana, telekomunikacije, saobraćaj, obrazovanje i td. sve do široke potrošnje, sporta i dečjih igara).

Od samih početaka do danas razvoj računarske tehnike usko je povezan i čak direktno uslovljen razvojem naučnih saznanja u oblasti fizike i tehnološkim dostignućima fizičkog inženjerstva, odnosno tehničke fizike. Duboki prođor u razumevanju fizičkih procesa do kvantnog nivoa, u poluprovodnicima i magnetnim materijalima čini osnovu savremene računarske tehnologije. Naime, može se slobodno reći da je tek pojavom tranzistora i magnetnih memorija elektronski računar postao industrijski proizvod, odnosno da

su upravo razvoj poluprovodničke i magnetne tehnologije omogućili tako reći dramatičan porast performansi, kapaciteta, pouzdanosti i ekonomičnosti računara, a samim tim i izvanredno proširenje oblasti njegove primene.

Razvoj računarskih poluprovodničkih elemenata počev od logičkih kola sa diskretnim elementima, preko integralnih kola, do poluprovodničkih memorija, integralnih kola visokog stepena integracije i mikroprocesora, imao je direktan uticaj na razvoj arhitekture i softvera računara i računarskih sistema, njihove brzine i kapaciteta, ekonomičnosti i oblasti primene, te otuda najčešće se upravo po etapama razvoja poluprovodničke tehnologije definišu i etape, odnosno generacije u razvoju računarskih sistema.

Danas kada je računarska tehnika i tehnologija dostigla određeni stepen zrelosti i stabilnosti i kada su veliki istraživački napori usmereni u razvoju softvera, novih arhitektura, informacionih sistema, računarskih mreža i teleinformacionih sistema; u razvoju primena računara u različitim oblastima, i dalje su neophodna intenzivna istraživanja u oblasti bazne računarske tehnologije koja treba da omogući dalji razvoj ove oblasti. Dostignuti nivo računarske tehnike još uvek ne može efektivno da rešava mnoge zadatke i probleme (npr. velike baze podataka, raspoznavanje oblika, kompleksne meteorološke prognoze, seizmičke analize i dr.) i upravo od novih tehnoloških dostignuća u velikoj meri se tu očekuju rešenja.

U oblasti poluprovodničkih elemenata sadašnja istraživanja su usmerena na usavršavanje i razvoj takvih tehnologija koje vode daljem povećanju brzine, povećanju gustine pakovanja, smanjenju disipacije i povećanju pouzdanosti. Kod spoljnih memorija (mas - memorija) uporedo sa permanentnim usavršavanjem tzv. klasičnih magnetnih medija (diskovi i trake) realno se može očekivati razvoj i uvodjenje potpuno novih tehnologija, kao što su magnetne mehuraste memorije ("bubble memories"), laserske, holografske memorije, amorfne poluprovodničke memorije, različiti oblici foto-memorija, koje će dovesti do značajnog kvalitativnog napretka u ovoj oblasti. Ovo su sve istraživački zadaci tehničke fizike i samo su ilustracija zaključku da će i u budućnosti ona biti izuzetno značajan faktor u razvoju računarske tehnike i informatike.

Prvi elektronski računar sa unutrašnjim programom nabavljen je i instaliran u našoj zemlji pre dvadeset godina. Skoro istovremeno je konstruisan i uveden u eksploataciju i prvi domaći

elektronski računar, kao rezultat samostalnog istraživačkog n-pora stručnjaka Instituta "Boris Kidrič" i "Mihailo Pupin", što je za ono vreme bio značajan naučno-istraživački poduhvat i u evropskim razmerama. Period od tih početnih koraka do danas se i u našoj zemlji odlikovao burnom ekspanzijom broja računara i njihovih primena, sa sve značajnijim uticajem na naš privredni i društveni razvoj.

Medjutim, mora se konstatovati da se taj buran razvoj odvijao u velikoj meri stihijski, bez jasne opšt društvene koncepcije razvoja informatike u zemlji i uz izrazito veliki uticaj multinacionalnih monopolističkih kompanija što je izazvalo pojavu niza elemenata neokolonijalne zavisnosti zemlje u ovoj oblasti, a i relativno zaostajanje razvoja informatike u odnosu na druge evropske zemlje. Uprkos toga postignute rezultate u razvoju informatike kod nas ne treba potcenjivati: u mnogim oblastima privrede i društva ostvaren je značajan napredak zahvaljujući upravo korišćenju računara, stečena su obimna i dragocena iskustva i razvijena je relativno dobra kadrovska osnova, pre svega za primenu računara u pojedinim oblastima, i konačno, mada u prilično skromnim razmerama, razvili su se i određeni naučno-istraživački potencijali sa solidnim istraživačko-razvojnim rezultatima.

Tek poslednjih godina (negde od 1975 god.) u našem društvu postepeno postaje dominantno saznanje o izuzetnom značaju informatike i računarske tehnike za privredni i opšt društveni razvoj zemlje, za razvoj društveno-ekonomskih odnosa i očuvanje nezavisnosti, a samim tim i saznanje o potrebi definisanja i sprovođenja jedne jedinstvene opštejugoslovenske koncepcije i političke planskog razvoja ovih oblasti. Danas smo svedoci intenzivne aktivnosti na društvenom dogovaranju i utvrđivanju koncepcije i osnovna plana razvoja informatike i računarske tehnike, čime se uspostavljaju uslovi za mnogo brži, stabilniji i osmišljeniji razvoj ovih oblasti. Strateški ciljevi takve jedne politike, morali bi biti: relativno potpuna nezavisnost i samostalnost u oblastima primene računara (informacioni sistemi i aplikativni softver); delimična nezavisnost u razvoju arhitektura računarskih sistema i sistemskog softvera; osvajanje proizvodnje izvesnog dela spektra računarske opreme (mini i mikroročunari, terminali, izvesna periferna oprema i sl.) uz osvajanje proizvodnje izvesnih osnovnih podsklopova, komponenata i tehnologija (pre svega poluprovodnika); stvaranje i korišćenje što snažnijih domaćih naučno-istraživačkih

kapaciteta u cilju bržeg i samostalnijeg daljeg razvoja informatike i računarske tehnike u celini.

Uloga i zadaci stručnjaka za tehničku fiziku u ostvarivanju ovakve koncepcije razvoja je značajna. Pre svega, inženjeri tehničke fizike usmereni na oblast fizike materijala i fizičke elektronike treba da budu naučni i stručni nosioci razvoja i osvajanja proizvodnje poluprovodničkih tehnologija i poluprovodničkih logičkih, odnosno računarskih elemenata.

Sopstveni razvoj, samostalno projektovanje i proizvodnja poluprovodničkih logičko-računarskih elemenata (uključujući i integralna kola visokog stepena integracije i mikroprocesore) je imperativna potreba za iole samostalniji razvoj računarske tehnike i elektronike u našoj zemlji; a upravo u tome je inženjer tehničke fizike uz dovoljno poznavanje računarskih nauka nezamenljiv.

Istovremeno, inženjeri tehničke fizike svih usmerenja, efikasnim korišćenjem računara (npr. u obradi rezultata merenja, upravljanju kompleksnim eksperimentima u realnom vremenu, numeričkoj analizi itd.) mogu dati još značajnije rezultate u svojim oblastima, a ujedno dati i nove podsticaje za dalji razvoj računarskih nauka kod nas.

Mnogi diplomirani inženjeri na odseku za Tehničku fiziku Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, u proteklom dvadesetogodišnjem periodu dali su značajan naučni i stručni doprinos razvoju informatike i računarske tehnike u našoj zemlji, i to u skoro svim segmentima ovih oblasti, zahvaljujući, slobodno mogu reći, u velikoj meri visokom kvalitetu i širini znanja koja su dobili upravo u ovoj školi. Uveren sam da će i u buduće doprinos ovog odseka razvoju računarske nauke i tehnike biti izuzetno visok.

STANJE, PERSPEKTIVE I ZNAČAJ OSVAJANJA MAGNETNOHIDRODINAMSKE KONVERZIJE TOPLOTNE ENERGIJE U ELEKTRIČNU ENERGIJU

Dr Aleksandar Popović
Energoinvest - Sarajevo

1. Princip magnetno-hidrodinamske (MHD) konverzije energije fosilnih goriva u električnu energiju i osnovne karakteristike MHD - elektrana

U električnom generatoru današnjih termoelektrana posredstvom turbine energije vodene pare ili gasa se pretvara u mehaničku a ova prema principu elektromagnetne indukcije u električnu energiju.

Ovakvim postupkom danas se samo 35-40% energije goriva može pretvoriti u električnu energiju.

Na istom principu u MHD-generatoru otvorenog ciklusa se energija visokotemperaturnog električno provodnog gasa - plazme direktno pretvara u električnu energiju.

Prva generacija MHD-elektrana imaće stepen iskorišćenja goriva i do 50% a slijedeća generacija i do 60%. Ovo znači da će MHD-elektrane trošiti za jednu petinu, odnosno jednu trećinu manje goriva od klasičnih termoelektrana. Pored ovog MHD-elektrane će i značajno manje zagađivati okolinu.

2. Stanje u svijetu i perspektive razvoja MHD-konverzije energije fosilnih goriva u električnu energiju

Vodeće zemlje u razvoju tehnologije MHD-konverzije energije su SSSR i SAD.

U Sovjetskom Savezu radi eksperimentalno industrijsko postrojenje snage 25 MW koje je dokazalo mogućnost industrijske primene MHD-postupka konverzije energije. Do 1985. godine u SSSR treba da bude izgrađena i puštena u rad MHD-elektrana snage 500 MW.

Istim intenzitetom istraživanja se vrše i u SAD.

Između SAD i SSSR postoji dogovor o saradnji i koordinaciji istraživanja u okviru kojeg se vrše zajednička istraživanja i razmjenjuju rezultati i opreme.

I u SSSR i u SAD se planira da poslije 1990. godine počne komercijalna izgradnja MHD-elektrana.

Istraživanje MHD-konverzije energije vrše se i u mnogim drugim zemljama: Australiji, Austriji, Čehoslovačkoj, Mađarskoj, Indiji, Italiji, Japanu, Kanadi, Holandiji, Poljskoj, Rumuniji, SR Njemačkoj i Velikoj Britaniji.

SR Rumunija je donijela odluku o izgradnji eksperimentalne industrijske elektrane snage 100-150 MW. U Indiji se gradi eksperimentalno postrojenje snage 15 MW.

U okviru SEV-a postoji sporazum o naučno-tehničkoj saradnji na razvoju MHD-elektrana. Sporazumom je predviđena mogućnost zajedničkog rada na pojedinim problemima i razmjena rezultata. U sporazumu od 1.II.1979. godine učestvuju i SFRJ.

Pored korišćenja MHD-postupka za konverziju toplotne energije fosilnih goriva u električnu energiju predviđa se i korišćenje MHD-generatora u raznim tehnološkim procesima, nuklearnoj energetici, budućoj energetici fuzije i dr.

3. Značaj osvajanja MHD-tehnologije za SFRJ

Osnovu za razvoj elektroenergetike i energetike uopšte u SFRJ predstavlja ugalj, kao izvor primarne energije.

Uzimajući ovo u obzir jasan je veliki značaj povećanja stepena iskorišćenja budućih elektrana za racionalno iskorištavanje prirodnih resursa.

Angažovanje na razvoju i osvajanju MHD-tehnologije konverzije energije treba da omogući dostizanje sposobnosti SFRJ da projektuje, izrađuje opremu i gradi MHD-elektrane s osnovnim ciljem boljeg iskorištavanja prirodnih resursa.

Strateški značaj ovladavanja MHD-konverzijom energije sastoji se u oslobađanju SFRJ od tehnološke zavisnosti i potreba uvoza ove tehnologije u bližoj budućnosti.

Istovremeno položaj SFRJ među nesvrstanim zemljama kao i budući transfer tehnologije u zemlje u razvoju daje dodatni značaj uključivanju SFRJ u MHD-program.

S obzirom na tehnološku kompleksnost MHD-konverzije energije, pored razvoja energetike, ovladavanje MHD-tehnologijom će imati

uticaje i u drugim oblastima

Kao primjer mogu se navesti:

- osvajanjem visokotemperaturne tehnologije moguće je u mnogim postojećim procesima metalurgije i hemijske industrije sniziti utrošak energije po jedinici proizvoda,

- osvajanje tehnologije super provodnih magneta, koji su osnovni elementi MHD-postrojenja, omogućiće njihovu primjenu u konverziji energije fuzijom, u generatorima i elektomotorima, u električnim transformatorima, u prenosu električne energije, separaciji za obogaćivanje ruda i drugo,

- visokotemperaturni materijali će naći primjenu u svim tehnikama i tehnologijama sa visokim i vrlo visokim temperaturama kao metalurgija, raketni motori i dr.

4. Program istraživanja i razvoja MHD-konverzije energije u SOUR Energoinvest

Osnovna orijentacija programa istraživanja i razvoja MHD-konverzije energije fosilnih goriva u električnu energiju u SOUR Energoinvest je osvajanje proizvodnje specifične opreme za buduće komercijalne elektrane koje će koristiti ugalj.

Program se sadržajno dijeli u dvije osnovne cjeline - kompleksa:

- Izgradnja industrijsko-eksperimentalnog energetsko-tehnološkog postrojenja u Tvornici glinice Birač - Zvornik, električne snage oko 5 MW

- Naučno-istraživački i razvojni radovi na osvajanju MHD-postupka za konverziju energije i tehnologija izrade specifične opreme za MHD-elektrane.

Realizacijom prvog kompleksa omogućava se provjera vlastitih rješenja na realnom postrojenju i demonstriranje mogućnosti primjene MHD-postupka konverzije u tehnološkim postrojenjima.

Osnovni ciljevi koje treba ostvariti kroz realizaciju drugog kompleksa su osposobljavanje za vlastitit naučno istraživački rad i osvajanje tehnologija izrade specifične opreme za buduće MHD-elektrane.

Predvidja se da se vlastitit rad odvija uz odgovarajuću saradnju sa institutima u našoj zemlji i iz inostranstva. Pored učestvovanja u programu SEV-a predvidja se i bilateralna saradnja sa vodećim institutima u svijetu.

S A D R Ź A J

<i>NUKLEARNA ENERGETIKA I FIZIKA</i>	
- Dr Petar Strugar	1
<i>TEORIJSKA FIZIKA</i>	
- Dr Ratko Janev, Dr Djordje Šijački	6
<i>PUTEVI RAZVOJA MIKROELEKTRONIKE</i>	
- Dr Radivoje Popović	13
<i>OPTOELEKTRONIKA</i>	
- Dr Zoran Djurić	17
<i>TEHNIČKA FIZIKA U JNA</i>	
- Dr ing Radovan D. Ilić	21
<i>FIZIKA I TEHNIKA PLAZME</i>	
- Dr ing Svetožar S. Popović	21
<i>UPRAVLJANJE U SISTEMIMA</i>	
- Dr Juraj Medanić	22
<i>RAČUNARI I TEHNIČKA FIZIKA</i>	
- Ing Georgi Konstantinov	26
<i>STANJE, PERSPEKTIVE I ZNAČAJ OSVJANJA MAGNETNOHIDRODINAMSKE KONVERZIJE TOPLOTNE ENERGIJE U ELEKTRIČNU ENERGIJU</i>	
- Dr Aleksandar Popović	30

