

**BITI KORISTAN - MOTO SARADNIKA INSTITUTA „NIKOLA TESLA“**

Akademik prof. dr Petar Miljanić

S obzirom da, govoreći o institutu u kome sam radio, često ističem ocenu sažeto izrečenu u naslovu ovog priloga, zamoljen sam da pokušam da uspomenu osvetlim kako se do tog bitnog opredeljenja – „biti koristan“ - došlo.

Posle završetka Drugog svetskog rata osnovane su mnoge ustanove koje su imale zadatak da potpomognu obnovu i izgradnju zemlje. Osnovan je Elektrotehnički institut Ministarstva za elektroprivredu pri Saveznoj vladi sa odeljenjima u Beogradu, Ljubljani i Zagrebu. Odeljak beogradskog instituta je bio u zgradi u Bulevaru Vojvode Mišića na Senjaku, u kojoj je danas Institut za ispitivanje materijala. Malobrojni inženjeri su bezpogovorno raspoređivani po ustanovama bitnim za obnovu i gradnju. Ubrzo su, po ugledu na Sovjetski savez, svi instituti pripojeni Srpskoj akademiji nauka, koja je početkom pedesetih godina imala 27 instituta. Tako je osnovan i Elektrotehnički institut SAN koji je nasledio veoma skromnu imovinu (uglavnom knjiga) ukinutog, pre rata osnovanog, Instituta „Nikola Tesla“. Obrazovana je Institutska komisija SAN (akademici Siniša Stanković i Pavle Savić), koja je raspravljala o radu svih akademijinih instituta i bila odgovorna pred vlastima za njihov rad. S obzirom na kritike koje su ukazivale na nedovoljno bavljenje aktuelnim pitanjima obnove zemlje, odlučeno je da se pospeši eksperimentalni rad. Sledeći poznatu Poenkareovu misao da je iskustvo jedini izvor istine, rešeno je da se pri SAN osnuje Radionica za elektrotehniku i preciznu mehaniku, odnosno da se preuzme radionica majstora Stevana Ćurčića koja je uspešno radila na Očnoj klinici. S obzirom na skromne primenljive rezultate rada instituta od Akademije se zahtevalo da izvrši reorganizaciju naučnog rada i učini ga korisnijim za opšte dobro. Sa tom namerom je 22. novembra 1950. godine osnovan Elektrotehnički institut za proučavanje električnih pojava „Nikola Tesla“ (INT) u koji su ušli Institut za telekomunikacije SAN, Elektrotehnički institut SAN, Centralni radio institut i pomenuto beogradsko odeljenje Instituta elektroprivrede. Novi institut je imao tri odeljenja: za telekomunikacije (upravnik A. Damjanović), za radiotehniku (upravnik M. Maširević) i za elektroprivredu (upravnik P. Nikolov). Prvo odeljenje je ubrzo ukinuto tako da je institut imao dva odeljenja, jedno na Senjaku i drugo na Zvezdari. Odlukom vlasti ovaj institut je od 1. januara 1954. godine finansijski odvojen od SAN i od tada radi sa samostalnim finansiranjem. Prvi postavljeni direktor je bio profesor Radovan Marković koji je ubrzo dao ostavku a Institut je uspešno godinama vodio dr. Ilija Obradović. 1959. godine, odlukom Izvršnog veća Narodne skupštine Srbije odeljenje na Zvezdari se odvaja i osniva Institut za elektroniku i telekomunikacije „Mihajlo Pupin“.

Kao student druge godine obavio sam, tada obaveznu, praksu u električnoj centrali u Tuzli, a sledeće godine (1950) raspoređen sam da obavim praksu u Institutu „Nikola Tesla“ SAN. Većim delom radio sam za inženjera Dušana Mitrovića, koji mi je, budući zadovoljan mojim radom, predložio da se honorarno zaposlim, što sam rado prihvatio ne samo zbog plate već i pogodnosti da primenjujem znanje stečeno u školi. Moje mladalačko

„ratovanje“ u partizanskoj hirurgskoj ekipi i zaposlenje u toku studija vaspitno su doprineli saznanju da je izuzetna privilegija biti u životu koristan, a time i nezavisan i nesvrstan u svakom pogledu.

Kao student u zvanju tehničara bio sam u početku potrčko za male poslove, ali su me ubrzo zadužili da radim na osposobljavanju mernog mosta mrežnog analizatora, analogne mašine na kojoj je izučavana dalekovodna mreža Jugoslavije. Instrumenti su bili u to vreme najbolji francuski voltmetri, ampermetri i elektrodinamički vatmetri. S obzirom da su ti instrumenti imali sopstvenu potrošnju reda veličine nekoliko vata a da je njihovo uključenje u grane mrežnog analizatora vršilo poremećaj reda veličine megavata, korišćeni su elektronski cevni pojačavači i primenjivana servo tehnika (povratne sprege) u cilju smanjivanja sopstvene potrošnje. Namučio sam se i mnogo naučio osposobljavajući ovaj merni most, i zarazio interesovanjem za regulaciju (servo sisteme) i mernu tehniku.

Od digitalnih računara postojali su samo mehaničke naprave pokretane elektromotorom. Koliko je vremena bilo potrebno da se izračunaju i jednostavni zadaci proračuna naponskih prilika na drugom kraju dalekovoda ako se zna napon, aktivna i reaktivna snaga, pomenuću da sam sa školskim drugom Milanom Mihailovićem, za Energoprojekt, celu noć računao i crtao kružni dijagram za samo jedan planirani dalekovod. Danas se taj zadatak obavi u delu sekunde na ručnom programibilnom džepnom računaru.

Pri kraju studija dobio sam zadatak da konstruišem i napravim pogon kolica za baždarenje hidrometarskih krila za Hidrotehnički institut SAN na Avali. To je bila Leonardova grupa generatora i motora jednosmerne struje sa automatskom regulacijom pomoću tiratrona, upravljive živine usmerače. Veoma odgovoran zadatak s obzirom da su se teška kolica na kojoj su se nalazilo osoblje ubrzavala do brzine od 5 m/sek, a trebalo ih je i bezbedno zaustaviti na pruzi iznad vodenog kanala dugačkog oko 30 m. Mehaničku konstrukciju je vodio inženjer Polhovski. Štedeći svoje vreme zapitao sam profesora Kolovoća da li opis toga pogona može biti i predmet mog diplomskog rada. On je to rado prihvatio, štaviše bio zadovoljan da njegov učenik već primenjuje u školi stečeno znanje.

U to vreme sam već usavršio konstrukciju pojačavača sa elektronskim cevima, s primenom servo sistema, i napravio prototip merenja struje i napona sa hiljadu puta manjom sopstvenom potrošnjom. Direktor Ilija Obradović me je svesrdno i na najbolji način okuraživao u radu. Kako je poznavao inženjere fabrike Siemens ponudio im je da im naš institut napravi merni sto za njihov mrežni analizator. Posao je sklopljen i na nama je bila velika odgovornost da se taj posao što kvalitetnije obavi. Obradović je naredio da se našem tehničarima na Zverdari, koji su bili vični gradnji aparata sa elektronskim cevima, poveri pravljenje ove isporuke za Nemce. I to bi urađeno. Zanimljivo je da ispričam dogodovštine u vezi sa ovim poslom.

Došavši u Erlangen u Simensovoj laboratoriji zatekao sam za mene pripremljeno merno mesto sa najboljim Simensovim instrumentima sa svetlom tačkom (bez do tada neizbežne kazaljke). Povezao sam naše uređaje i uključio napon. Iz našeg uređaja koji su Srbi napravili za Nemce je pokuljao dim! Iako mlad, tek diplomirani inženjer, kako su me

oslovljavale nemačke kolege, verovatno sam bio užasno bled. Dr. Jungvirt, pozamašni i dobroćudni Simensov naučnik, pozvao me je na ručak, ne u kantu, već u hotel. Ja sam pokušao da izbegnem ručak i saopštio da sam otvorio naš uređaj i da je došlo do kratkog spoja na spoljašnjem namotaju mrežnog transformatora i da ću pokušati da otklonim kvar. Čudeći se šta pričam otišao je da telefonira i odveo na ručak. Saopštio mi je da posle ručka idemo udobnim mercedesom u Nirnberg, u fabriku transformatora, i da će tamo da mi naprave nov mrežni transformator. I zaista tog popodneva sam u kolima izračunao brojeve pojedinih navoja i nemački majstor, koji nas je čekao, za nešto više od pola sata je namotao nov transformator. Usput, gundžao je da navrtka kojom je pritegnut trafo nije ni milimetarska ni colovna, a ja, na mom oskudnom nemačkom nisam mogao ni da mu objasnim da su te navrtke napravljene od šestougaone bronzane šipke u Radionici SAN i da su stegnute kleštima a ne ključem, pri čemu sam osetio sažaljivajući pogled. Pri povratku u Erlangen jeli smo ribu u nekom usputnom lepom restoranu pored neke vode.

Sutradan uključim naš uređaj i oduševim se da radi. Osciloskopom proverim napone i konstatujem da povratne sprege rade, sistem ne osciluje, dakle da je sve kako se poželeti može. Ali pri proveri tačnosti uočim da voltmetar sa leve strane pokazuje 1% više od onog sa desne strane a mi ugovorili tačnost od 0.1%. Vidi Dr.Jungvirt da sam zabrinut ali mi i ne prilazi, ostavlja na miru da radim, samo me opominje da će uskoro biti vreme da se ide na ručak. U zlo doba ja premestim voltmetre i tada uočim da onaj sa desne strane sada pokazuje 1% više od onog s leve strane pre našeg pojačavača. Shvatih šta se dešava i paralelno povežem oba voltmetra i uočim da jedan od njih pokazuje 1% više od drugog. Pozovem Dr.Jungvirta da vidi „neviđeno“, da Simensovi najbolji instrumenti greše 1%. Da skratim priču, tog dana smo sastavili ručak sa večerom, sutradan rano ujutru su stigli novi instrumenti iz Karlsruoa, u podne trećeg dana mog boravka je izvršena primopredaja na opšte zadovoljstvo obe strane, greška našeg uređaja je bila manja od 0.1% i ja sam se vratio u Beograd, a Institutu je uplaćena dogovorena suma u nemačkim markama.

Najviše vlasti u zemlji su, povodom predstojeće proslave 100-godišnjice rođenja Nikole Tesle, odlučile da se izgradi muzej i svetu predoči Teslin doprinos civilizaciji. Prirodno, našem institutu je naređeno da osmisli i projektuje eksponate, a Radionici SAN da ih napravi. Sa radošću se sećam tog skladnog rada i prijateljstva sa arhitektom muzeja Macuokom (Vasiljevićem) i majstorima Radionice. Podržan sam u želji da svi eksponati budu radni, a bilo je puno problema da ih tako napravimo. Posebno nas je namučio indukcionni motor sa istaknutim polovima koji nije kretao sve dok mu bakarni namoraj na rotoru nismo zamenili gvozdenim. A bilo je i muke oko mesinganog jajeta koje se uporno okretalo na šotki. U odeljenju na Zvezdari inžinjer Maširević je sjajno napravio Teslin visokofrekventni i visokonaponski transformator. Ukratko, obavili smo zadatak sa najvišom ocenom.

Direktor Dr.Obradović, član SAN, jednog je dana ušao u moju sobu i naredio mi da prijavim doktorsku tezu sa naslovom „Servo sistemi u električnim merenjima“. Tezu sam odbranio pred komisijom: Milutin Milanković, Antun Bilimović, Jakov Hličijev, Radivoje Kašanin, Vladislav Jovanović i Ilija Obradović. To je bila jedna od poslednjih teza koje su

odbranjene u SAN. Na odbrani sam imao zamerke akademika matematičara da moje znanje matematičke teorije treba da upotpunim i više obratim pažnju na stroge uslove koji dozvoljavaju primenu Laplasovog računa, dok su me zdušno ostali branili i pohvalili da je moja teza primer doktorata tehničkih nauka, u kojoj je matematička analiza sredstvo a ne cilj rada.

Odlukom vlade o odvajanju instituta iz SAN primorani smo bili da sami zarađujemo novac za rad. Srećna okolnost je bila da je u to vreme građen računski centar Saveznog statističkog zavoda i da su inženjeri IBM-a zahtevali napajanje sa frekvencijom od 60 Hz. Sklopili smo veoma pogodan ugovor i, u saradnji sa fabrikom Sever, isporučili tri pretvarača frekvencije (rotore asinhronih motora napajanih sa 50 Hz smo regulisanim jednosmernim motorima obrtali tako da se na statoru dobila „američka“ struja od 60 Hz). Dva radna i jedan rezervni pretvarač bili su snage 150 kW, a radna memorija tog velikog cevnog računara je bila samo 32 kilobajta!

Umesto da nam se smanje, plate su nam se povećale. I dalje smo radili za Elektroprivredu ali sve više i za Elektroindustriju. Očigledno ne mogu opisati mnogobrojne poslove na kojima smo radili ali je važno napomenuti da nam je direktor Ilija Obradović i pored obaveze da doprinesemo materijalno opstanku Instituta, uvek dozvoljavao, šta više, okuraživao nas da eksperimentišemo i izmišljamo nove uređaje.

Biti koristan je obuhvatalo dva pojma: zaraditi novac i povećati znanje, doprineti tehničkoj nauci. Tako, kada smo ispitivali na Šeringovom mostu strujne transformatore za Iskru iz Slovenije, dozvoljeno nam je bilo da sagradimo originalan uređaj na bazi upoređenja amper navoja na torusnom jezgru. Omogućeno je kolegi Srđanu Spiridonoviću i meni da odemo u nacionalnu laboratoriju Nemačke PTB i proverimo napravljeni uređaj. Ovo iskustvo je bilo značajno i omogućilo da 1961.godine, kada sam kao stipendista kanadske vlade radio u Nacionalnom zavodu za istraživanja u Otavi, izumim koncentričnu toroidalnu magnetnu strukturu, osnovu merne metode nazvane strujni komparator, kojom je tačnost merenja naizmeničnih, a potom i jednosmernih struja, povećana sto puta. Više hiljada mernih aparatura je u svetu napravljeno na osnovu ovog izuma. Skoro sve nacionalne laboratorije imaju ove aparature, uključujući i Internacionalni biro za tegove i mere u Sevrju kod Pariza. I naš institut je mnoge strujne komparatore napravio koji uspešno rade.

Značajna promena u radu instituta se desila kada sam se 1967.godine vratio posle druge jednogodišnje posete Kanadi i otuda doneo u Jugoslaviju prve upravljive silikonske diode - tiristore. U Kanadi sam napravio model regulacije brzine indukcionog motora rekuperacijom energije iz rotora pomoću poluprovodničkog ispravljača i mog izuma, „kratkospajajućeg“ invertora. Prvi, na ovaj način regulisani asinhroni motor, napravljen je za potrebe Instituta „Jaroslav Černi“. Institut je zatim napravio mnoge pogone na osnovu ovog izuma, za merne stanice za ispitivanja u Prvoletki u Trsteniku, pumpne stanice vodovoda kao za regulaciju potiskivanja vode u toplanama. Zatim su građeni tiristorski ispravljači i invertori, sistemi za besprekidno napajanje. Ova delatnost je dovela do toga da je institut jedno vreme bio ustanova sa najvišim primanjima u Beogradu. Sa kolegama iz Zagreba održano je u svečanoj sali SAN prvo Savetovanje o energetskej elektronici, a

tradicija tih savetovanja se i danas održava. Želim da pomenem da su mi u konstrukcijama energetske elektronike pomagali mnogi mlađi saradnici, a posebno školski drugovi Đorđe Kalić i Vladan Vučković, šef odeljenja za regulaciju.

Institutski naučni i stručni rad se nekad opravdano ocenjuje nedovoljno društveno korisnim, ali je, zbog neobaveštenosti, ta ocena često netačna. Da ilustrujem izuzetnu vrednost znanja u privrednom razvoju opisaću kako je odlučeno kako će se konstruisati sistem pobude generatora u hidroelektrani Đerdap. Vrhunski ruski inženjeri su i konstruisali i napravili snažne generatore a naši stručnjaci su bili obaveštavani pri procesu konstruisanja i, većinom rutinski, odobravali ruska rešenja. Kada je Elektroprivreda trebalo da se saglasi sa projektom pobude zamoljen je Institut „Nikola Tesla“ da pošalje svoje stručnjake u Moskvu da daju saglasnost. U komisiji za prijem projekta sam bio i ja. Ruski projekat se sastojao u primeni regulisanih živinih usmerača, sa kojima je napravljeno nekoliko velikih pobudnih sistema. S obzirom na delikatnost ovog rešenja, znajući da mi nemamo ni znanja ni iskustva rada sa živinim usmeračama, nisam bio spreman da bez konsultacija sa Beogradom prihvatim projekat. Prihvaćena je sugestija da predložimo da se pobuda napravi sa tiristorima, iako takvo rešenje tih snaga nigde dotada nije bilo napravljeno, a ako to Rusi neće, da nam isporuče klasičnu pobudu sa jednosmernim mašinama. Na naše prijatno iznenađenje, ruski vrhunski inženjeri su pristali da promene konstrukciju i prvi put primene za ono vreme izuzetno velike tiristore, koji su morali biti vezivani i paralelno i na red. Decenijama pobuda generatora na Đerdapu radi besprekorno, saznao sam da ni jedan tiristor nisu zamenili. A prvobitnim projektom je bilo predviđeno da se u Kladovu podigne fabrika za remont živinih usmerača – tiratrona. I tako se pravovremenim bavljenjem, da se našalim igranje sa tiratronima i tiristorima u Institutu, pokazalo veoma privredno značajnim.

Ovladavši modernom mernom i regulacionom tehnikom Institut je puno para zaradio i radeći za vojsku. No prvobitni zadatak učestvovanja u rešavanju problema Elektroenergetskog sistema nije prekidano, nove tehnologije su samo usavršile rad. Mrežni i diferencijalni analizator su demontirani a studije prenete na savremene digitalne računare, koji omogućuju mnogo bržu i tačniju analizu. Mlađi saradnici, vični radu sa mikroprocesorima i savremenom digitalnim sistemima, uvode nov pristup rešavanju inženjerskih zadataka.

Svakako da sam mogao mnogo više napisati o radu Instituta, posebno o radu u kojem nisam lično učestvovao. No s obzirom na obim napisa koji je opravdano ograničen, i vrednost autentičnih ličnih uspomena, nadam se da će se ublažiti moguće zamerke čitaoca ovih redova.

Na kraju još jedna neskromna rečenica. Veselim se kada čujem da se govori da sam delom i vaspitanjem doprineo da se rad u Institutu „Nikola Tesla“ povezuje sa rečima: „Budi koristan – zaradi platu“ i ujedno, kada se ukaže prilika, veoma oprezno iskoristi izumiteljske stvaralačke osobine kojima je priroda obdarila čoveka“.