

ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ U OBLASTI ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA

prof. dr Dragan P. Popović, dipl.ing

ISTORIJSKI PUT

Svoj naučno-istraživački rad Institut Nikola Tesla je započeo kao autonomna ustanova pod neposrednim nadzorom tadašnjeg Ministarstva prosvete, uređen po obliku na Akademiju nauka. Tokom svoga postojanja Institut, kao i Centar elektroenergetski sistemi, su doživeli brojne transformacije i reorganizacije, menjajući pri tome i ime i sadržaj rada. Preko 70 godina naučna istraživanja i naučna i stručna rešenja problema na području elektroenergetike predstavljali su i predstavljaju jednu od osnovnih delatnosti Instituta. Koristeći naučni metod istraživanja, razvijajući ideje, teorije i metode, osnovni zadatak ove delatnosti je da uvodi savremena dostignuća nauke u oblasti elektroprivrede u praksu i rešava probleme vezane za razvoj i eksploataciju elektroenergetskog sistema naučnim metodama u cilju unapređenja elektroprivrede naše zemlje, kao i da uzdiže naučni i stručni kadar, ne samo u Institutu, iz ove oblasti.

U prvim godinama postojanja Instituta, delatnost Centra je ostvarivana u okviru Odeljenja za naučna istraživanja i primenu elektriciteta u agronomiji, biologiji, medicini i drugim naučnim granama. Pri tome je sadržaj rada bio usmeren na proučavanje stanja, napretka i dostignuća u ovoj oblasti u svetu i njihov transfer u zemlju, s jedne strane, i sopstvena istraživanja na polju primene elektriciteta, s druge strane, a sve u cilju unapređenja nauke i tehnike u ovoj oblasti.

U toku 1948. godine formirano je **Odeljenje za elektroprivredu** sa zadatkom da proučava, istražuje i ispituje sve tehničke i ekonomske probleme vezane za razvoj i eksploataciju elektroenergetskog sistema. Nezavisno od reorganizacije Instituta i promene organizacione šeme u njemu, pod tim nazivom Odeljenje egzistira sve do kraja 1965. godine, da bi od početka 1966. godine promenilo ime u **Odeljenje za energetiku, prenos i računске mašine**. Time je tačnije definisana delatnost Odeljenja u tom periodu koja je obuhvatila istraživanja u vezi sa opštim pitanjima energetike, prenos električne snage i energije i primenu računskih mašina u rešavanju problema u elektroprivredi. Prvi, pionirski koraci na našim prostorima u primeni savremenih metoda i računskih mašina (sada je aktuelni termin - računari) načinjeni se u ovom Odeljenju, kako je to i u njegovom novom nazivu apostrofirano.

Konačno, od 1979. godine Odeljenje dobija ime koje uz male izmene nosi i danas - **Centar Elektroenergetski sistemi**, čija delatnost obuhvata istraživanja na području: analize elektroenergetskih sistema, planiranja razvoja izvora, prenosnih i distributivnih mreža i probleme upravljanja i eksploatacije elektroenergetskih sistema.

Bitan momenat u dugoj istoriji postojanja Centra Elektroenergetski sistemi je učlanjenje Instituta u asocijaciju "Združena elektroprivreda Srbije" 1966. godine, kao organizacija u njegovom sastavu. Od tada je delatnost ovoga Centra, kao i ostalih Centara Instituta, čvršće i neposrednije bila vezana sa potrebama i zahtevima, prvenstveno elektroprivrede Srbije, što je osnovna karakteristika i sadašnjeg vremena.

Iz vrlo bogatog i sadržajnog stvaralaštva saradnika Centra u toku proteklih preko 70 godina, veoma je teško izdvojiti i istaći samo neke od njih. A kako bi se to moglo da se uspešno uradi, kada to stvaralaštvo obuhvata do sada preko pet stotina studija, elaborata i ekspertiza, deset knjiga i monografija nacionalnog značaja, preko stotinu radova objavljenih u vodećim međunarodnim časopisima ili iznetim na naučnim i stručnim kongresima u inostranstvu. A ako se tome doda i više stotina zapaženih radova, objavljenih u vodećim domaćim naučnim i stručnim časopisima ili iznetih na naučnim i stručnim kongresima i savetovanjima održanim u zemlji, sasvim je jasno zašto je veoma teško i delikatno da se napravi neka selekcija, odnosno da se izdvoji samo neki od relevantnih rezultata naučno-istraživačkog rada.

Ovo utoliko pre, što je najveći deo istraživanja u Centru predstavljao pionirski poduhvat u jugoslovenskim okvirima, iz kojih su proizašla brojna rešenja koja su definisala razvoj i način eksploatacije elektroenergetskog sistema Srbije i bivše Jugoslavije u čitavom posleratnom periodu, afirmišući Institut "Nikola Tesla" i Centar "Elektroenergetski sistemi" kao vodeću naučno-istraživačku organizaciju u ovoj oblasti u zemlji, uz brojna priznanja njenim saradnicima kao vodećim naučnim i stručnim radnicima u zemlji i šire.

Ovoj afirmaciji Centra i Instituta, uz pomenuto, doprinelo je učešće saradnika u nizu tela domaćih i inostranih stručnih asocijacija, učešće u radnim telima Ministarstva nauke Republike Srbije, učešće u nizu komisija za odbranu magistarskih radova i doktorskih disertacija, kao i obavljanje recenzija velikog broja studija, elaborata i domaćih i internacionalnih radova. Takođe, ovoj afirmaciji doprinelo je učešće pojedinih saradnika Centra u nastavi na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, kako na redovnim, tako i na poslediplomskim studijama. To učešće saradnika se i dalje nastavlja u okviru master i doktorskih studija na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu i Tehničkom fakultetu u Čačku.

U trenutku pisanja ovih redova (januar 2009. godine), Centar ima najveći broj saradnika u svojoj istoriji (dvadeset), koji su svi sa visokom školskom spremom (završen elektrotehnički fakultet). Dva saradnika su doktori nauka, sa regulisanim naučnim zvanjima, jedan saradnik je magistar nauka sa istraživačkim zvanjem i jedan saradnik se nalazi pred odbranom doktorske disertacije. Svi ostali saradnici Centra su na poslediplomskim ili master studijama, kao i na doktorskim studijama.

DELATNOST CENTRA ELEKTROENERGETSKI SISTEMI

Teško je bilo da se napravi jasna i precizna distinkcija između naučno-istraživačkih oblasti sa kojima se bavi Centar, jer se one, kako će se to videti, u pojedinim segmentima međusobno preklapaju i dopunjuju. Na primer, teško je zamisliti da se planiranje EES-a može korektno da obavi, a da se ne izvrši i odgovarajuća analiza EES-a, i odgovarajuće sagledavanje aspekata upravljanja i eksploatacije EES-a. S toga, naredna podela ima pomenuti, donekle uslovni karakter.

Analiza elektroenergetskih sistema

Oblast analize elektroenergetskih sistema ima veoma dugu i uspešnu tradiciju u Institutu. Do sada, razvijen je veliki broj metodologija, modela, algoritama, postupaka i odgovarajućih računarskih programa za analizu svih relevantnih statičkih i dinamičkih stanja složenih elektroenergetskih interkonekcija. Takođe, urađen je niz značajnih studija koje su se neposredno odnosile na EES Jugoslavije i njegovo povezivanje u sinhroni paralelni rad sa susednim EES.

Istorijski i hronološki gledano, od rezultata u oblasti analize EES, na prvom mestu treba istaći projektovanje i konstrukciju mrežnog analizatora naizmenične struje, u prvim posleratnim godinama, a kasnije i diferencijalnog analizatora koji su u datom momentu predstavljali doprinos u svetskim razmerama. Oni su omogućili da se efikasno, brzo i za inženjerske potrebe dovoljno tačno, modeluju i proučavaju složeni elektroenergetski sistemi kakav je vremenom postajao EES Srbije i EES Jugoslavije i time rešavaju brojni problemi vezani za njihov razvoj i eksploataciju. Pod tim se pre svega misli na planiranje i oblikovanje visokonaponskih mreža različitog naponskog nivoa preko rešavanja problema vezanih za razvoj i eksploataciju EES, proračuna snaga kratkog spoja i stabilnosti EES-a, kao i rešavanje problema vezanih za optimizaciju razvoja i eksploatacije EES-a.

Tako je već 1965. godine prvi put u zemlji modelovana u celini prenosna mreža Jugoslavije, koja je tada sadržala tri naponska nivoa. To je urađeno u cilju ispitivanja tehničkih i ekonomskih aspekata njenog funkcionisanja kao celine u normalnim i nenormalnim režimima rada. Na osnovu dobijenih rezultata definisan je njen dugoročni razvoj i izabrani parametri opreme i zaštite EES Jugoslavije. U istom periodu, urađen je čitav niz studija vezanih u prvom redu za razvoj i pogon visokonaponske mreže Srbije, kao i drugih republika: SR Hrvatske, SR Bosne i Hercegovine, i regiona Slavonije, Vojvodine, sliva Neretve, severoistočne Srbije, Beograda i dr. Dakle, već tada se videlo koliko su oblasti analize i planiranja međusobno povezane i isprepletane.

Za izradu ovako kompleksnih studija i analiza, tadašnje Odeljenje za elektroprivredu razradilo je metodologiju planiranja, ispitivanja i analize razvoja EES-a koja obuhvata: pripremu energetskih podloga za analizu mreže, uklapanje izvora i osnovne analize sistema na mrežnom analizatoru (raspodele napona i tokova snaga, proračun struja kratkog spoja, proračuni statičke i dinamičke stabilnosti EES-a).

Naglo povećanje dimenzija EES i složenosti njegove strukture sve više su postajali

ograničavajući faktor za ispitivanje i proračun mreže na mrežnom analizatoru (da tada, maksimalno iskorišćenom). Prateći svetske trendove vezane za nagli razvoj računarskih mašina i njihovu primenu u elektroprivredi, u Odeljenju je već početkom šezdesetih godina započeo pionirski rad na razvoju metoda, algoritma i programa za analizu i proračune EES-a primenom digitalnih računara. Razvijeni su, kao prvi u Jugoslaviji, programi za proračun raspodele napona i tokova snaga, i za proračun snaga simetričnih i nesimetričnih kratkih spojeva i proračune statičke i dinamičke stabilnosti EES (Tesla 1, Tesla 2, Tesla 3), koji su krajem šezdesetih godina već korišćeni za sve analize EES Srbije i Jugoslavije.

Intenzivni razvoj računara omogućio je obuhvatanje niza efekata i uticaja pri proračunima režima složenih EES, tako da su ove metode, algoritmi i programi neprekidno usavršavani u proteklom periodu. Izvršeno je usavršavanje, modifikacija i implementacija niza računarskih programa namenjenih proračunima složenih mreža velikih dimenzija, koji su nabavljeni od vodećih softverskih firmi u svetu, za potrebe jugoslovenske elektroprivrede. Najznačajniji program iz pomenutog korpusa, sa kojim i danas Centar raspolaže, za osnovne analize mreža, je računarski program za određivanje raspodele napona i tokova snaga sa uvažavanjem ograničenja i određivanje optimalnih tokova snaga (modifikovana i unapređena verzija računarskog programa CLF-OPF). Ujedno, u Centru su razvijani i novi računarski programi, u koje se ubraja računarski program za brzi proračun raspodele napona i tokova snaga baziran na dekuplovanom algoritmu proračuna, program za proračun snaga kratkog spoja u složenim EES, baziran na primeni retkih matrica i efikasnom algoritmu faktorizacije odgovarajućih matrica admitansi i programi za proračun statičke i tranzijentne stabilnosti u složenim EES, prvi baziran na određivanju sopstvenih vrednosti odgovarajućih matrica stanja, a drugi na dekompozicionoj metodi numeričke integracije.

U poslednje dve decenije razvijene su originalne metodologije, metode i algoritmi i veliki broj različitih računarskih programa, koji se danas vrlo efikasno koriste za niz raznorodnih analiza statičkih i dinamičkih stanja postojećih elektroenergetskih interkonekcija. U pitanju je metodologija za tačniju evaluaciju tehničkih efekata usled značajnijih tranzita snage u elektroenergetskim sistemima, metodologije za analizu relevantnih tehničkih efekata i mogućnosti uključivanja novih elektroenergetskih sistema u okviru zapadnoevropske interkonekcije UCTE, kao i unapređene metodologije za analizu statičke i dinamičke sigurnosti elektroenergetskih interkonekcija i jedinstvena metodologija za evaluaciju prenosnih mogućnosti elektroenergetskog interkonekcija. U to bi trebalo da se ubroji i metodologija i programska celina za analizu i unapređenje naponsko- reaktivnih stanja u prenosnim mrežama.

Kada je reč o novim metodama, u tu kategoriju se ubraja metoda proračuna tokova snaga u EES sa serijskim FACTS kontrolerima u uslovima karakterističnih statičkih i dinamičkih stanja, zatim metoda za brzu ocenu toka i efekata primarne regulacije učestanosti elektroenergetskih interkonekcija i metoda optimalnog izbora lokacije i snage uređaja za kompenzaciju reaktivne snage u električnim mrežama.

U oblasti problematike analize EES posebno mesto zauzimaju tehno-ekonomske analize koje su obavljane i koje se dalje obavljaju u Centru. Razvijen je čitav niz modela, metoda, algoritama i odgovarajućih računarskih programa koji omogućuju izbor optimalnog naponskog nivoa kako u prenosnom tako i u distributivnom delu sistema, izbor optimalne strukture hidro i termo izvora, izbor optimalnih parametara prenosne i distributivne mreže. Svi ovi modeli bili su aplicirani na EES Srbije i bivše Jugoslavije, na osnovu čega je uveden naponski nivo 400kV u prenosnu mrežu Jugoslavije i izabrani parametri vodova, transformatora, prigušnica i druge opreme, i uvedeni su pojedini naponski nivoi u distributivnim mrežama Srbije.

Značajne rezultate u ovoj oblasti Centar je postigao u istraživanjima gubitaka električne snage i energije u prenosnoj i distributivnim mrežama. Prvi put u Jugoslaviji razvijene su metode, odgovarajući algoritmi i programi za strukturnu analizu gubitaka električne energije, koji su primenjeni na EES Srbije u cilju nalaženja uzroka i žarišta i razrade mera za njihovo sniženje. Istraživački rad na ovoj problematici rezultirao je u niz metoda, algoritama i programa koji omogućuju strukturne analize gubitaka električne energije u složenim mrežama bez obzira na njihovu strukturu i dimenzije. U pitanju je metoda visoke tačnosti zasnovana na potpunom modelovanju mreže, sa odgovarajućim algoritmom za preciznu strukturnu analizu gubitaka električne energije, kao i metoda bazirana na teoriji verovatnoće i matematičke statistike, sa odgovarajućim algoritmom i programom za brzi proračun nivoa gubitaka električne energije u fazi pripreme pogona. Takođe, razvijene su i uprošćene metode sa odgovarajućim programom za brzi proračun nivoa i strukture gubitaka u pogonu, kao i metoda, algoritam i računarski program za prognozu nivoa gubitaka električne energije u složenoj mreži.

Oblast analiza EES-a obuhvatila je i istraživanja niza specifičnih problema u EES Srbije i Jugoslavije kao što su: analize rada velikih asinhronih motora, analiza specijalnih režima rada sinhronih generatora velike snage (režimi podpobude, asinhroni režimi, nesimetrični režimi), analiza rada elektrolučnih peći, analiza prelaznih elektromagnetnih i elektromehaničkih pojava u EES i posebni režimi rada elemenata EES-a, kao i čitav niz energetske analize vezanih za organizaciju elektroprivrede, uključanje pojedinih objekata mreže, sopstvenu potrošnju itd., kao i pogonskih analiza sistema vezanih za funkcionisanje EES u normalnim, havarijskim i posthavarijskim režimima, režimima remonta i dr., podešavanje zaštite, proveru naponskih prilika, parametara opreme i dr.

Oblast analize EES-a u poslednjih nekoliko godina posebno je naglašena u okviru studija razvoja distributivnih mreža gde se u okviru posebnih poglavlja analiziraju mogućnosti unapređenja funkcionisanja distributivnih mreža u postojećem stanju da bi se do maksimuma iskoristile njihove mogućnosti.

Studije, elaborati i ekspertize, koje su vršene u Centru u ovom domenu, bile su od velikog značaja za planiranje razvoja i eksploataciju EES Srbije i Jugoslavije u čitavom posleratnom periodu, posebno ako se ima u vidu da je tada Institut "Nikola Tesla" bio jedina institucija u zemlji u kojoj su se ovakve analize mogle da realizuju.

Kao dobra ilustracija intenzivnog i kontinualnog rada na ovoj važnoj problematici, navode se sledeće značajne studije, po hronološkom redu njihove izrade u Centru, u proteklih pet godina:

- “Izbor načina smanjenja reaktivnog opterećenja u elektrodistributivnoj mreži za 200 Mvar”;
- “Izbor optimalnog načina smanjenja reaktivnog opterećenja s gledišta prenosne mreže po TS 110/X kV u mreži EPS-a i EMS-a, u ukupnom iznosu od dodatnih 200 Mvar (100 Mvar na niskom naponu i 100 Mvar srednjem naponu)”;
- “Tehno-ekonomska analiza mogućnosti i uslova unapređenja naponsko-reaktivnog stanja prenosne mreže Srbije sa posebnim naglaskom na smanjenje gubitaka aktivne snage”;
- “Analiza opravdanosti promene prenosnog odnosa na blok transformatorima u HE Bajina Bašta”;
- “Provera ponašanja revitalizovanih agregata/generators u HE Bajina Bašta u karakterističnim režimima rada priključenih na mrežu EMS-a 220 kV - Analize statičke stabilnosti i mogućnosti pojave samopobuđivanja”;
- “Provera ponašanja revitalizovanih agregata/generators u HE Bajina Bašta u karakterističnim režimima rada priključenih na mrežu EMS-a 220 kV - Analiza tranzijentne stabilnosti”;
- “Analiza funkcionisanja distributivnih mreža 10-110 kV i prognoza potrošnje na području ED Kraljevo i ED Vrnjačka Banja”;
- “Analiza efekata angažovanja TE TO “Novi Sad”;

Na taj način, predmet pažnje u oblasti Analize EES-a su sledeći sadržaji: modelovanje EES i njegovih komponenti, analize statičkih i dinamičkih stanja EES-a, odnosno interkonekcija, tehno-ekonomske analize vezane za razvoj i rad velikih interkonektivnih EES, energetska efikasnost u prenosu, distribuciji i korišćenju električne energije, kvalitet električne energije, razvoj i primena ekspertskih sistema i veštačke inteligencije u rešavanju niza problema u EES, deregulacija EES i rad sistema u uslovima liberalizovanog tržišta električne energije i primena novih tehnologija i novih tehnika rešavanja problema u domenu prenosa i distribucije električne energije.

Cilj budućih istraživanja u oblasti Analize EES-a je dalji razvoj i unapređenje metodologija i odgovarajućih računarskih programa za analizu niza složenih statičkih i dinamičkih fenomena u EES, odnosno interkonekcijama u kojima oni participiraju, saglasno zahtevima i izazovima koje je nametnula liberalizacija tržišta električne energije. Krajnji praktičan rezultat ovih istraživanja je izrada niza konkretnih studija za potrebe Elektroprivrede Srbije, Elektromreže Srbije i drugih korisnika.

Planiranje elektroenergetskih sistema

Oblast planiranja EES je pored analize EES delatnost Centra sa najdužom tradicijom u dosadašnjem radu Instituta. Ona je obuhvatila istraživanja iz elektroenergetike, planiranja prenosne i distributivne mreže.

Prognoza potrošnje električne energije i snage

U okviru istraživanja iz domena elektroenergetike razvijeno je više metoda za prognozu potrošnje električne energije i snage - kratkoročnu, srednjoročnu i dugoročnu, koje su aplicirane za prognozu konzuma u pojedinim regionima zemlje, SR Srbiji i Jugoslaviji, u čitavom periodu razvoja EES. Razrađene su posebne metode za prognozu potrošnje po pojedinim grupama potrošača: direktni potrošači, široka potrošnja, ostali potrošači. U poslednjoj deceniji razvijene su metode koje se baziraju na primeni metoda matematičke statistike i teorije verovatnoće, koje omogućuju adekvatnije uvažavanje tzv. slučajne komponente. Razvijene su takođe metode za prognoziranje reaktivne potrošnje koje koriste savremene pristupe iz teorije verovatnoće i matematičke statistike.

Danas Centar raspolaže programskom podrškom za prostornu i vremensku prognozu, kratkoročnu, srednjoročnu i dugoročnu, potrošnju električne energije i snage aktivne i reaktivne sa visokom tačnošću. U oblasti elektroenergetike razvijene su metode, algoritmi i odgovarajući programi za izradu bilansa aktivne, sa uvažavanjem hidroloških prilika i protoka, i reaktivne snage i energije, koji su osnova za planiranje odgovarajućih izvora (vrsta i lokacije). U dugom periodu razvoja EES ova istraživanja su bila osnov za planiranje razvoja EES Srbije i Jugoslavije.

Planiranje razvoja prenosnih mreža

Oblast planiranja razvoja prenosnih mreža je jedna od značajnijih oblasti kojom se Institut bavi od svog osnivanja. U periodu do današnjih dana, urađen je veliki broj značajnih strateških studija koje su neposredno uticale na razvoj i izgradnju prenosne mreže Srbije i bivše Jugoslavije.

U domenu planiranja prenosne mreže razvijane su metode, algoritmi i programi za planiranje redosleda izgradnje elektrana (vrsta, struktura, karakteristike), izbor agregata za pokrivanje vrhova, što je korišćeno za planiranje izvora u EES Srbije i Jugoslavije. Razvijena je metoda, algoritam i program za optimalan izbor izvora reaktivne snage koji su aplicirani za izbor dopunskih izvora reaktivna snage u EES Srbije kao celine, i u pojedinim regionima u različitim vremenskim presecima njihovog razvoja.

Posebno dugu tradiciju Centar ima u domenu planiranja i oblikovanja prenosne mreže 400, 220 i 110 kV. Razrađene su metode za srednjoročno i dugoročno planiranje razvoja prenosne mreže. Za dugoročno planiranje prenosne mreže razrađen je i implementiran interaktivni računarski program TRANSPLAN, razvijen od strane Systems-Europe. Ujedno, razvijan je i niz novih računarskih programa za pomenute ciljeve, tako da Centar danas raspolaže sa savremenom programskom podrškom za planiranje razvoja prenosne mreže i u tom domenu ima vodeću ulogu u zemlji.

Planiranje prenosne mreže Srbije, Vojvodine, Crne Gore i Jugoslavije kao celine u ranijem periodu vršene su isključivo u Centru "Elektroenergetski sistemi" u Institutu "Nikola Tesla" od momenta kada je započeto njihovo formiranje kao složene, zatvorene mreže. O tome svedoči niz urađenih studija, koje su se bavile planiranjem razvoja pomenutih prenosnih mreža.

Ova problematika je nastavila sa daljim intenzivnim razvojem u kontinuitetu sa prethodno pomenutim periodom, kroz dalji razvoj i unapređenje modela i odgovarajućih visoko sofisticiranih interaktivnih računarskih programa za prognozu potrošnje potrebe planiranja prenosnih mreža, kao i za samo planiranje njihovog optimalnog razvoja, uz formirane neophodne informacione osnove.

Naučno-istraživački rad na ovoj važnoj i složenoj problematici se i dalje intenzivno i kontinualno odvija. Kao ilustracija rečenog, navode se sledeće značajne studije, po hronološkom redu njihove izrade u Centru, u proteklih pet godina:

- "Studija perspektivnog razvoja prenosne mreže Srbije do 2020 (2025) godine";
- "Perspektiva dela mreže 220 kV";
- "Perspectives of the part of 220 kV network";
- "Perspektiva dela mreže 220 kV - Analiza rešenja za TS 220/110 kV Beograd 3";
- "Separat studije perspektivnog dugoročnog razvoja prenosne mreže Srbije do 2020(2025) godine - Perspektivna prenosna mreža 110 kV, 220 kV i 400 kV na šumadijskom delu Beograda";
- "Planiranje izvora reaktivne snage u prenosnoj mreži EES Srbije - II faza";
- "Proračun struja kratkog spoja u HE Đerdap 1 i RP 400 kV Đerdap 1";
- "Izbor i analiza optimalnih parametara generatora i blok transformatora hidroelektrana priključenih na prenosnu mrežu 110 i 35 kV EES EPS-a";
- "Studija stabilnosti i izbor opsega povoljnijih vrednosti parametara i karakteristika turboagregata i blok- transformatora u TE Kolubara B i TE Nikola Tesla B3".

Problematika planiranja prenosnih mreža i dalje imaće svoju veliku aktuelnost i značaj u narednom periodu, imajući u vidu hronični nedostatak svih potrebnih finansijskih sredstava, kada je imperativ iznalaženje najpovoljnijih rešenja i prioriteta u izgradnji novih prenosnih kapaciteta. U tom kontekstu, posebni akcenat biće dat novim metodološkim i praktičnim aspektima planiranja, vezanim za liberalizaciju tržišta električne energije i restrukturiranje elektroprivrednih kompanija, kada je neophodan tzv. regionalni prilaz planiranju, sa posebnim težištem na novim interkonektivnim dalekovodima.

Planiranje razvoja distributivnih mreža

Oblast planiranja razvoja distributivnih mreža je takođe jedna od veoma značajnih oblasti kojom se Institut bavi već više decenija. Do danas, urađen je veliki broj strateških studija koje su, između ostalog, neposredno odlučivale o razvoju i izgradnji distributivnih mreža, praktično na celoj teritoriji Srbije i C. Gore i delovima teritorije Bosne i Hercegovine. Ova problematika ima i imaće i dalje veliku aktuelnost i značaj, jer hroničan nedostatak svih potrebnih finansijskih sredstava, zahteva donošenje najracionalnijih rešenja i utvrđivanje pravih prioriteta u izgradnji elemenata distributivnih mreža.

Počev od sedamdesetih godina u Centru su započeta intenzivna istraživanja iz domena planiranja distributivnih mreža. Razvijene su metode, algoritmi i odgovarajući računarski programi za optimalan izbor naponskog sistema transformacije u distributivnim mrežama, kao i izbor koncepcije i parametara distributivnih mreža. Na osnovu toga urađeni su idejni projekti razvoja distributivnih mreža srednjeg i niskog napona na području Beograda, Sarajeva, Prištine, Bihaća, Sremske Mitrovice, "Elektrotimoka", "Elektro Rasa", Loznice, Budve, Herceg Novog, Kruševca, prigradskog i vangradskog područja Elektrodistribucije Beograd, Kopaonika, prigraničnih i nerazvijenih opština na teritoriji Srbije van SAP i dr., u dugoročnom periodu do iza 2000. godine.

Negovanje ove problematike je nastavljeno u kontinuitetu sa prethodno pomenitim vremenskom periodom, kroz dalji razvoj i unapređenje modela i odgovarajućih visoko sofisticiranih interaktivnih računarskih programa za prognozu potrošnje za potrebe planiranja distributivnih mreža, kao i za samo planiranje optimalnog razvoja distributivnih mreža, uz razvoj potrebne informacione osnove. Takođe, pri tome, posebna pažnja je bila data razvoju i primeni metodologije i odgovarajućeg računarskog programa za utvrđivanje veličine i strukture tehničkih gubitaka električne snage i energije u distributivnim mrežama, kao i razvoju i praktičnoj primeni metodologije i odgovarajućeg računarskog programa za utvrđivanje najpovoljnijeg mesta, vrste i snage kompenzacije reaktivne snage u distributivnim mrežama. To je sve poslužilo kod dalje izrade niza konkretnih studija planiranja razvoja distributivnih mreža za potrebe Elektroprivrede Srbije i njenog šireg okruženja.

Da se veoma intenzivni i kontinualni rad na ovoj važnoj problematici nastavlja, navode se sledeće značajne studije, po hronološkom redu njihove izrade u Centru, u proteklih pet godina:

- "Dalji razvoj elektrodistributivne mreže i izbor srednjeg napona na području EPS JP Elektrosrbija Kraljevo (ED Valjevo, ED Lazarevac, ED Arandjelovac, ED Topola, ED Kraljevo, ED Vrnjačka Banja, ED Trstenik, ED Čuprija, ED Paraćin, ED Jagodina, ED Sjenica, ED Šabac, ED Raška, ED Loznica, ED Novi Pazar, ED Kruševac i ED Čačak)";
- "Poboljšanje kompenzacije reaktivne energije u EES EPS-a korišćenjem postojećih kondenzatorskih baterija - II faza područje JP "Elektrosrbija" Kraljevo";

- “Studija perspektivnog dugoročnog razvoja električnih mreža 110 kV i 35 kV i vangradske mreže 10 kV na području “Elektromorave” - Požarevac”;
- “Studija perspektivnog dugoročnog razvoja električnih mreža 110 kV i 35 kV i (delom) 10 kV na području “Elektrodistribucije” - Užice”;
- “Poboljšanje kompenzacije reaktivne energije u EES EPS-a povećanjem korišćenja postojećih kondenzatorskih baterija (III faza - područja ED Kragujevac, ED Požarevac, ED Užice i ED Zaječar)”;
- “Studija perspektivnog dugoročnog razvoja električnih mreža naponskih nivoa 110 kV, 35 kV i 10 kV na području EPS JP “Elektrošumadija” Kragujevac”;
- “Kompenzacija reaktivne energije na srednjem naponu potrošača iz JP Beogradski vodovod i kanalizacija”;
- “Studija perspektivnog dugoročnog razvoja električne mreže naponskog nivoa 10 kV na području grada Leskovca”;
- “Tehno-ekonomska analiza izgradnje nove TS 35/10 kV u Mrčajevcima”;
- “Plan dugoročnog razvoja elektrodistributivne mreže EPS JP “Elektrodistribucija - Beograd” na širem gradskom području do 2025. godine”;
- “Poboljšanje kompenzacije reaktivne energije u EES EPS-a povećanjem korišćenja postojećih kondenzatorskih baterija (IV faza - područja PD Jugoistok - Niš (ED Niš, ED Prokuplje, ED Pirot, ED Leskovac i ED Vranje)”;
- “Efekti i tehnički uslovi priključenja kupca “Vulić i Vulić” na distributivnu elektroenergetsku mrežu”;
- “Ispitivanje mogućnosti gašenja transformacije 110/35 kV u TS 110/35/20 kV Sremska Mitrovica 1 i mogućnosti za napajanje potencijalnog opterećenja u industrijskoj zoni Sremske Mitrovice”;
- “Studija dugoročnog razvoja električne mreže naponskog nivoa 6-110 kV na području ED Šabac”;
- “Studija perspektivnog dugoročnog razvoja električnih mreža naponskih nivoa 110 kV i 35 kV na području ogranaka Niš, Leskovac, Prokuplje, Pirot i Vranje u PD Jugoistok”;
- “Studija perspektivnog dugoročnog razvoja električne mreže naponskog nivoa 10 kV na području grada Niša”.
- “Studija dugoročnog razvoja električne mreže naponskog nivoa 10-110 kV na području ED Lazarevac”;

Na taj način predmet pažnje u oblasti Planiranja EES-a su sledeći relevantni sadržaji: kratkoročna, srednjoročna i dugoročna prognoza potrošnje električne energije, planiranje razvoja prenosne mreže, planiranje razvoja distributivne mreže, optimizacija parametara sistema i opreme, planiranje izvora reaktivne snage u prenosnim mrežama, kompenzacija reaktivne snage u distributivnim i industrijskim mrežama, pouzdanost rada EES, planiranje razvoja prenosne i distributivne mreže u uslovima deregulacije i liberalizovanog tržišta električne energije.

Cilj budućih aktivnosti u ovoj oblasti je dalji razvoj i unapređenje metodologija i odgovarajućih softverskih alata i potrebnih baza podataka za rešavanje niza složenih problema u procesu planiranja razvoja prenosnih i distributivnih mreža. Pri tome, posebni akcenat biće dat novim momentima i izazovima vezanim za procese liberalizacije tržišta

električne energije i restrukturiranja elektroprivrednih kompanija, odnosno uz potpuno respektovanje činjenice postojanja i funkcionisanja regionalnog tržišta električne energije u Jugoistočnoj Evropi. Krajnji rezultat navedenih aktivnosti, kao i do sada, je izrada niza strateških studija koje se odnose na Elektroprivredu Srbije, Elektromrežu Srbije i njeno šire okruženje, u novim uslovima funkcionisanja.

Upravljanje i eksploatacija elektroenergetskih sistema

Oblast upravljanja i eksploatacije elektroenergetskih sistema imala je veliki značaj u dosadašnjem radu Instituta, koji je neposredno proizašao iz potreba Elektroprivrede Srbije. Takav isti značaj ova oblast ima sada i imaće je u budućnosti, s obzirom na nove pogonske uslove u kojima se nalazi EES Srbije, koji su uslovljeni liberalizacijom tržišta električne energije.

U oblasti upravljanja i eksploatacije EES naučno-istraživački rad je obuhvatio sledeće sadržaje: formiranje baze podataka za potrebe pogonskih analiza, upravljanje naponima i tokovima reaktivne snage, upravljanje u havarijskim režimima, sigurnost EES, optimizacija pogonske šeme mreže, upravljanje potrošnjom (frekventno rasterećenje, uvođenje MTK i dr.), ekspertni sistemi i dr.

Početak rada na ovoj problematici vezuje se sa učešćem Centra u izradi Idejnog projekta i tehničke specifikacije za nabavku opreme za tada aktuelni tehnički sistem upravljanja u jugoslovenskom EES. Centar je započeo formiranje baze tehničkih podataka o elementima EES (izvori, transformatori, prenosna mreža). Pri tome, formirana je baza podataka o potrošnji električne energije koja je trebalo da posluži kao osnova za sve vrste prognoze potrošnje.

U domenu upravljanja naponima i reaktivnim snagama razrađen je postupak za upravljanje naponima i reaktivnim snagama u karakterističnim režimima rada EES (ulazak u režim maksimalnog večernjeg opterećenja i minimalnog noćnog opterećenja) i definisani zahtevi kojima se obezbeđuje efikasna regulacija napona (snaga elektrane, brzina pobude, parametri blok transformatora i dr.). Takođe, saradnici Centra učestvovali su u razradi i razvoju računarskog programa za optimizaciju napona i tokova snaga. Dalje, razvijena je strategija za on-line upravljanje EES Srbije u vanrednim režimima (ispad generatora, dalekovoda, transformatora, potrošača) koja se zasnivala na brzom, efikasnom i adekvatnom za praktičnu primenu, matematičkom modelu. Razvijena je metodologija za optimizaciju pogonske šeme mreže, sa odgovarajućim algoritmom i programom i ista je primenjena na izbor optimalne pogonske šeme 110 kV mreže Srbije. Razrađene su metode i algoritmi za upravljanje potrošnjom električne energije. Urađeni su idejni projekti mrežne tonfrekventne komande (MTK) za niz postrojenja na području Srbije.

Pored ovih aktivnosti i rezultata vezanih za osnovnu delatnost, saradnici Centra učestvovali su i dali svoj doprinos i u oblastima: regulacija parnih kotlova, pobudni sistemi, prenaponi u sekundarnim kolima i dr.

Problematika sigurnosti rada EES-a je jedna od značajnijih oblasti, koja se dugo radi i neguje u Institutu "Nikola Tesla". U početnoj fazi rada na njoj, razvijena je metoda, algoritam i prototipni računarski program STATIC za studijske analize statičke sigurnosti EES koji su primenjeni na EES Srbije i Jugoslavije. U daljem radu došlo je do niza unapređenja studijskih analiza statičke sigurnosti EES-a. Formiran je jedinstveni ekvivalent eksternih EES-a, razvijena je metoda za brzu selekciju kritičnih poremećaja, kao i metoda određivanja tokova snaga u polaznim ustaljenim stanjima u analizama sigurnosti elektroenergetskih sistema.

Procesi liberalizacije tržišta električne energije i restrukturiranja elektroprivrednih kompanija, koji se i dalje intenzivno odvijaju, doveli su do toga da se i Centar uključi u sagledavanje i moguće rešavanje, prvenstveno tehničkih aspekata ove problematike. U tom cilju, razvijena je metodologija i odgovarajući računarski program, u ORACLE okruženju, za automatizovani proračun graničnih prenosnih kapaciteta elektroenergetskih interkonekcija, baziran, između ostalog, na generalizovanom modelu transformatora i generalizovanom modelu učešća generatora u proračunima prenosnih mogućnosti.

Deo značajnijih istraživačkih aktivnosti i rezultata na ovoj problematici bili su izloženi u nizu domaćih i internacionalnih radova. U ovim referencama, između ostalog, posebno su bile apostrofirane internacionalne studije, koje je uradio Institut "Nikola Tesla", a koje su se neposredno bavile relevantnim tehničkim uslovima i mogućnostima integracije EES-a na prostorima Balkana. O rezultatima te integracije, odnosno širenja interkonekcije na prostorima Balkana, koja je ostvarena u praksi, i nizu korisnih efekata i za EES Srbije i Jugoslavije, nije potrebno posebno da se govori, jer su oni poznati najširoj javnosti.

Paralelno sa ovim aktivnostima, razvijen je niz metoda i odgovarajućih računarskih programa, koji se danas vrlo efikasno koriste za sagledavanje niza raznorodnih aspekata u funkcionisanju postojećih elektroenergetskih interkonekcija. U pitanju je generalizovana metoda upravljanja tokovima aktivnih snaga, metoda upravljanja tokovima reaktivnih snaga i generalizovana metoda simultanog upravljanja tokovima aktivnih i reaktivnih reaktivnih snaga. Takođe, tu se ubraja i metoda upravljanja naponima generatora u realnom vremenu u cilju unapređenja naponsko-reaktivnih stanja u prenosnim mrežama.

Kao dobra ilustracija intenzivnog i kontinualnog rada na ovoj važnoj problematici, navode se sledeće značajne studije, po hronološkom redu njihove izrade u Centru, u proteklih pet godina:

- "Razvoj i praktična primena računarskog programa za automatski proračun prenosnih mogućnosti elektroenergetskih interkonekcija";
- "Evaluacija prenosnih mogućnosti i pratećih usluga elektroenergetskih interkonekcija u uslovima deregulacije";
- "Unapređenje statičke i dinamičke sigurnosti elektroenergetskog sistema Srbije";

Na taj način, predmet pažnje u oblasti Upravljanja i eksploatacije EES-a su sledeći relevantni sadržaji: baze podataka i informacioni sistemi, upravljanje EES u normalnim, havarijskim i posthavarijskim režimima, ekonomski dispečing i optimalni tokovi snaga u

EES, sigurnost rada EES, zaštita, eksploatacija i upravljanje EES u uslovima deregulacije i liberalizovanog tržišta električne energije.

Cilj budućih istraživanja u ovoj oblasti biće koncentrisan na daljem razvoju i unapređenju metodologija i odgovarajućih softverskih alata i baza podataka za konkretno rešavanje niza kompleksnih pitanja koja nameću zahtevi upravljanja i eksploatacije EES-a Srbije i njegovog šireg okruženja. Pri tome, kao i u svim drugim oblastima, u potpunosti biće uvaženi novi uslovi vezani za procese liberalizacije tržišta električne energije i restrukturiranja elektroprivrednih kompanija, odnosno uz potpuno respektovanje činjenice postojanja i funkcionisanja regionalnog tržišta električne energije u Jugoistočnoj Evropi. Krajnji praktičan rezultat ovih istraživanja biće izrada niza raznorodnih konkretnih studija za potrebe Elektroprivrede Srbije, Elektromreže Srbije i drugih zainteresovanih korisnika.

Racionalno korišćenje električne energije

Oblast racionalnog korišćenja električne energije intenzivno se razvija u Institutu, odnosno u Centru u poslednje dve decenije, sa rezultatima istraživanja koji su se neposredno primenjivali u praksi i koji su donosili evidentne uštede Elektroprivredi Srbije. Zahvaljujući ovim analizama Centar je ostvario zapažene rezultate u istraživanjima racionalnog korišćenja energije kod najvažnijih potrošača u sistemu. Ova istraživanja su rezultirala u izradi preporuka i mera za efikasnije korišćenje električne energije kod krupnih industrijskih potrošača i domaćinstava. Najzad, Centar je dao svoj doprinos i u oblasti proučavanja tarifnog sistema i cena električne energije.

U kontekstu ove problematike bili su obuhvaćeni sledeći relevantni sadržaji: utvrđivanje optimalnog nivoa upotrebe električne energije kao energenta za zagrevanje prostorija, optimalno korišćenje kapaciteta EES EPS-a u cilju optimizacije sezonskih i dnevnih dijagrama opterećenje i nivoa i načina kompenzacija reaktivne energije, upravljanje dijagramima potrošnje - indirektno (tarifnom politikom), i direktno (sa upravljivim potrošačima), racionalno korišćenje električne energije po sektorima potrošnje (sektor domaćinstava, javna i komercijalna potrošnja i potrošnja na visokom naponu), racionalizacija potrošnje električne energije kod uređaja opšte namene (elektromotorni pogoni opšte namene, elektrotermički potrošači i osvetljenje i dr.), racionalizacija potrošnje električne energije velikih potrošača u industriji i u površinskim kopovima uglja i smanjenje sopstvene potrošnje električne energije u termoelektranama.

Kao dobra ilustracija daljeg intenzivnog rada na ovoj važnoj problematici, navode se hronološki, sledeće značajne studije, urađene u Centru u proteklih pet godina:

- "Standardni asinhroni motori za dva napona kao energetski efikasni motori";
- "Racionalizacija sopstvene potrošnje električne energije u Termoelektrani Kostolac "B" - I faza: Energetska analiza sopstvene potrošnje opterećenja i gubitaka i izbor mera za racionalizaciju";

- "Standardni asinhroni motori za dva napona kao energetska efikasni motori (EEMS)"
- "Racionalizacija sopstvene potrošnje električne energije u TE Kolubara";
- "Standardni asinhroni motori za dva napona kao energetska efikasni motori - II deo: "Asinhroni motori sa premotanim namotajem statora za vezu YY/ Δ kao energetska efikasni motori";
- "Racionalizacija sopstvene potrošnje električne energije u Termoelektrani Nikola Tesla B";
- "Racionalizacija sopstvene potrošnje električne energije u Termoelektrani Nikola Tesla A";
- "Racionalizacija sopstvene potrošnje u Termoelektrani "Morava", I faza - Energetska analiza sopstvene potrošnje, opterećenja i gubitaka i izbor mera za racionalizaciju"
- "Studija energetske raspoloživosti TS u Zorka Keramika u Šapcu";
- "Zavisnost pobudne struje i gubitaka snage u sinhronim generatorima Termoelektrana "Nikola Tesla" od nivoa reaktivnih opterećenja";
- "Analiza uticaja kompenzacije reaktivnih snaga na rad VN motora transportnog sistema u okviru Ugljenog sistema "TIP" JP RB "Kolubara"- Idejni projekat kompenzacija reaktivnih snaga pogona Drobilana PK Tamnava Istočno Polje".

Cilj budućih istraživanja u ovoj oblasti je unapređenje postojećih i razvoj novih metoda i postupaka i softverskih alata za utvrđivanje najracionalnijih načina korišćenja različitih vidova električne energije, i njihova neposredna praktična primena za potrebe Elektroprivrede Srbije i drugih zainteresovanih korisnika.

UMESTO ZAKLJUČAKA

U prethodnom tekstu, u okviru raspoloživog prostora, pokušano je da se obavi jedan veoma nezahvalan zadatak. On se sastojao u izlaganju relevantnih rezultata naučno-istraživačkog rada, koje je Centar Elektroenergetski sistemi postigao u proteklih više od 70 godina svoga postojanja. Međutim, neizbežna subjektivnost, kao i eventualna pretencioznost kod obavljanja ovog delikatnog zadatka, možda se na najbolji način može da apstrahuje, ako su ti rezultati našli široku neposrednu praktičnu primenu u elektroprivredi Srbije i bivše Jugoslavije. A pogotovu, ako vlada uverenje kod kompetentne i dobronamerne stručne javnosti da su sprovedena istraživanja i ostvareni rezultati bili na nivou savremenih svetskih trendova u ovoj oblasti. Ako je to tako, postoji opravdana nada da će sve ovo biti bogato nasleđe i veliki izazov i podsticaj za naredni period i za nove generacije talentovanih za naučno-istraživački rad, koje dolaze.

Na kraju, neposredni uvid u delatnost i rezultate Centra Elektroenergetski sistemi može da se ostvari preko pristupa sajtu Instituta www.ieent.org, koji se svakodnevno ažurira i obogaćuje novim sadržajima. Na ovom sajtu, između ostalog, nalazi se spisak objavljenih radova saradnika Centra i spisak urađenih studija, elaborata i projekata, za period od 2003. godine do današnjih dana.