



TEHNIKA I INFORMATIKA U OBRAZOVANJU

3. Internacionalna Konferencija, Tehnički fakultet Čačak, 7–9. maj 2010.

TECHNICS AND INFORMATICS IN EDUCATION

3rd International Conference, Technical Faculty Čačak, 7–9th May 2010.

UDK: 004:621.31(075.8)

Pregledni stručni rad

INFORMATIČKA ANALIZA RADA ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA U VISOKOM OBRAZOVANJU

Slobodan Bjelić¹, Nenad Marković², Uroš Jakšić³, Momčilo Vujičić⁴

Rezime: U radu su predložene korekcije u sadržaju programa obrazovanja za studente masters stepena na modulu za projektovanje i eksploataciju sistema automatskog upravljanja u energetici. Budući energetske sistemi sa hijerarhijskom strukturom sa respektivnim nivoima biće odgovorni za napajanje energijom čitave zemlje, regiona, konzumnih centara i industrijskih zona.

Ključne reči: *Obrazovanje, elektroenergetika, sistem.*

INFORMATICAL ANALYSIS OF ELECTRO ENERGETIC SYSTEMS IN HIGH EDUCATION

Resume: In the paper are proposed corrections in the content of the education program for students of Master degree on module for projecting and exploitation of automatic control system in energetic. Future energetic systems with hierarchic structure with respective levels will be responsible for energy supply of whole country, region, consume centers and industrial zones.

Keywords: *Education, electro-energetic, system.*

1. UVOD

Ako se pogledaju sadržaji predmeta koji se tiču obrazovanja studenata na masters nivou u Srbiji i van nje iz domena rada elektroenergetskog sistema i njegovog upravljanja mogu se uočiti šest karakterističnih delova:

Prvi deo se odnosi na znanja koja su usmerena na izučavanje i usavršavanje proračuna stacionarnih režima elektroenergetskih sistema. Glavna pažnja je usmerena na primenu

¹ Prof. dr Slobodan Bjelić, Fakultet tehničkih nauka, Kneza Miloša 7, Kosovska Mitrovica, E-mail: slobodan_bjelic@yahoo.com

² Mr Nenad Marković, stručni saradnik, Visoka tehnička škola strukovnih studija iz Uroševca, B. Nušića 6, Zvečan, E-mail: nen.mark@sezampro.rs

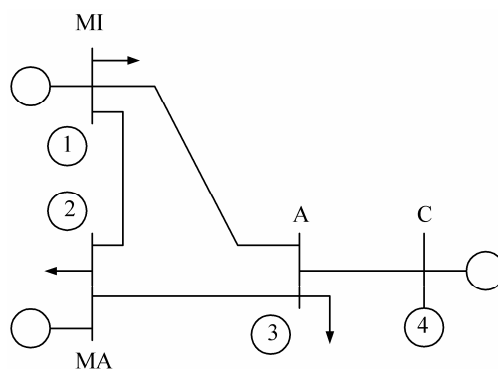
³ Mr Uroš Jakšić, predavač, Visoka tehnička škola strukovnih studija, B. Nušića 6, Zvečan, E-mail: uros_jaksic@yahoo.com

⁴ Dr Momčilo Vujičić, vanr. prof., Tehnički fakultet, Svetog Save 65, Čačak, E-mail: vujicic@tfc.kg.ac.rs

metoda drugog reda sa kvadratnim aproksimacijama nelinearnih jednačina stacionarnih režima. Uvode se različite pretpostavke u Jakobijevoj matrici; najčešća je ona sa neizmenjenim parametrima ili se predlaže da ima što manji broj članova. Poslednjih godina je trend da se kao metod za proračune stacionarnih režima rada, koriste samo parcijalne diferencijalne jednačine prvog reda sa promenljivim veličinama definisanim u polarnim koordinatama (ovaj trend se može uočiti u radovima objavljenim posle 2000. godine).

Metoda Newton-Raphstona je u literaturi poznata kao najtačnija metoda proračuna jer ima jaku matematičku osnovu. Postupak se svodi na uzastopno približavanje traženim tačnim rešenjima. Analiziraju se naponske prilike i tokovi snaga u sistemima a zadate vrednosti su aktivne i reaktivne snage konzuma. Polazna pretpostavka je i da se broj generatora i konzumnih čvorova razlikuju.

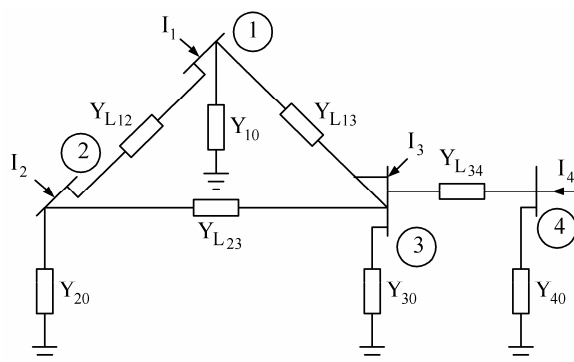
Mnogi faktori ipak pokazuju da je bolje da se za proračune stacionarnih režima koriste metode drugog reda koje znatno skraćuju vremena izračunavanja u poređenju sa metodom Newton-Raphstona, što omogućava da se isti metod koristi i za proračune definisane zadacima operativnog upravljanja energetske sistemima.



Slika 1: Jednopolna šema sistema

Na (sl. 1) je prikazana ilustracija primene praktične metode proračuna koja izbegava matematičke komplikacije u vezi sa iterativnim postupkom. Predstavljena je minimalna konfiguracija sistema sa 3 generatora, 4 sistema sabirnica i 4 dalekovoda i njena zamenska šema (sl. 2).

Drugi deo tiče se sticanja znanja iz domena regulacije i upravljanja operativnim funkcijama energetskih sistema. Značajan doprinos u formulisanju metoda za sticanje znanja i rešavanje zadataka regulacije i upravljanja dali su ruski univerzitetski nastavnici. Na osnovu saznanja iz ove oblasti jasno je da u obrazovanje na masters nivou treba uvesti savršeniju tehniku linearnog programiranja sa primenom u prognostičkom modelovanju optimalnog i perspektivnog planiranja u elektroprivredi, u skladu sa ubuduće usvojenim IEC standardima radi stvaranja integrisanih sistema u energetici. U obrazovanje se mora uvesti razmatranje kompleksne regulacije kao podrške režimu rada elektroenergetskog sistema u kome učestvuju sve elektrane. Ova metoda je već deo sadržaja programa koji se odnose na rad i upravljanje energetskog sistema Francuske (EdeF). Osnovna prednost metoda je što se rešavanjem zadataka stvara mogućnost da sistem ekonomično koristi proizvedenu električnu snagu.



Slika 2: Ekvivalentna šema energetskega sistema sa (sl. 1)

Novim pristupom u obrazovanju na masters nivou se mogu razmatrati i problemi operativnog planiranja distribucije goriva i proizvedene snage na godišnjem nivou uz primenu Metoda Lagrange-a i Metoda relaksacije.

U trećem delu predloženih sadržaja uglavnom se uočavaju metodi za izračunavanje pouzdanosti uz široku primenu računarskih sistema. Na žalost u tim sadržajima nisu pomenuti “ekspresni” metodi za ocenu pokazatelja pouzdanosti odvojenih elementa snage (čvorova na koje su priključene grupe potrošača, generatori itd.). Ne navode se ni uputstva za rešavanje kompleksa zadataka u složenim energetskega sistemima. Iako se u mnogim radovima iz ove problematike predlažu metodi za određivanje minimalnih preseka u konfiguracijama električnih mreža u odnosu na čvorove opterećenja koji ne funkcionišu po optimalnom principu, veću pažnju treba pokloniti uvođenju u obrazovni proces adaptivnih algoritama koji se mogu koristiti i za rešavanje pokazatelja pouzdanosti u složenim sistemima koji se sastoje i od desetak hiljada elemenata. U sadržaje predmeta treba uvesti i metode za proračun pouzdanosti paralelno pripojenih elemenata uz korišćenje istog pristupa (stacionarni model stanja Markova). Markovljevi modeli uspostavljenog stanja primenjuju se za ocenu spremnosti generatorskih agregata i njihove uticaje na uspostavu rezervi u energetskega sistemima itd.

Četvrti deo sadržaja je uglavnom posvećen modelovanju i proračunima prelaznih procesa u energetskega sistemima. Ovde bi bilo vrlo interesantno uvođenje numeričkog modelovanja energetskega sistema i paralelnih algoritama za izračunavanje prelaznih procesa na osnovu savremenog funkcionalnog modelovanja itd. Tako bi se dobila mogućnost da studenti različitih institucija u zemlji i inostranstvu kroz sprovedena istraživanja mogu da uporede rezultate sa dva metoda: metod teorije katastrofe i metod površine pri izučavanju ravnotežnog stanja sistema u slučaju promene njegovih parametara. Radovi istraživača koji su nastali posle 2000. godine ukazuju da se metod katastrofe može koristiti za rešavanje ove klase zadataka.

Peti deo sadržaja programa obrazovanja je karakterističan po predstavljanju postupaka koji se koriste u informatičkim metodama za analizu rada i upravljanje energetskega sistema. Ovde se uglavnom razmatraju topološka svojstva sistema u svrhu upravljanja radom sistema. Međutim, u budućem pristupu obrazovanju treba posebnu pažnju ukazati postupcima akvizicije i predstavljanja podataka u cilju smanjenja vremena pretraživanja i izbora potrebnih podataka.

Šesti deo se odnosi na primenu računarske tehnike za upravljanje režimima rada energetske sistema. Obzirom na buduće poslove u upravljanju sistemom, obrazovanje studentata na masters nivou treba dopuniti savremenim znanjima iz sistema upravljanja u dispečerskim centrima i na energetskim objektima, koji se odnose na sistem realnog vremena i toka procesa. Njihova opšta karakteristika je korišćenje informacije o trenutnom stanju energetskog sistema.

2. RAČUNARSKI SISTEMI U ELEKTROENERGETICI

Razvoj alata i metoda upravljanja u elektroenergetici ide uporedo sa razvojem centralizovanog sistema upravljanja, kroz razvoj *CIIS*-a (Centralnog Integralnog Informacionog sistema) uz pomoć računarske tehnologije (digitalne, analogne i hibridne). Stvaranje *CIIS*-a pokazalo je sve prednosti u odnosu na ranije sisteme upravljanja u kojima su korišćeni različiti uređaji sa ograničenim funkcijama a pojam "sistem" se odnosio samo na opšti proces upravljanja a imao je ograničenu strukturu i aparatsku realizaciju.

Elektroenergetika kao jedan od najnaprednijih privrednih sistema je stimulisala i stimuliše primenu savremenih digitalnih računarskih i informatičkih sistema. Elektroenergetika je i jedan od najvećih konzuma velikih "inteligentnih" računarskih sistema. U njoj se kao i u ostalim delovima privrede računarski sistemi koriste za upravljanje privrednim delatnostima kompanija na svim hijerarhijskim nivoima. Računarski sistemi se koriste neposredno u kompanijama (elektrane, razvodna postrojenja, distribucije) ili za upravljanje tehnološkim procesima (proizvodnja resursa-goriva ili energije). Energetika je karakteristična i po tome što ima dva karakteristična sistema upravljanja i zato je njen sistem upravljanja dobio naziv automatizovani sistem dispečerskog upravljanja (*ASDU*) a mesto na kome se to upravljanje obavlja nazvano je dispečerskim centrom (*DC*).

U sastav *ASDU* ulaze dva kompleksa tehničkih sredstava: sistemi koji rade autonomno (sa obradom-procesiranjem odvojenim od ostalog sistema, *Off-line*) koji obrazuju računski centri običnog tipa i sistemi realnog vremena *TRCs* koje neposredno opslužuje dispečerski personal energetskih sistema i električnih mreža. Osnovne zadatke ovih sistema i načine realizacije zadataka propisuje svaka od država posebno u zavisnosti od specifičnosti organizacije poslovanja i upravljanja.

Elektroenergetika je ključ razvoja nacionalne ekonomije bilo koje države. Od njenog funkcionisanja zavisi život regiona i cele države. Zato je u razvijenim državama, naprimer Velikoj Britaniji, Francuskoj i Italiji energetika nacionalizovana. U tim državama postoji direktno dispečersko upravljanje sa jakom dispečerskom disciplinom. Obično sistemi dispečerskih upravljanja imaju tri nivoa: Centralni *CIIS* (najviši), Regionalni (srednji) dispečerski punktovi (*RDP*) odnose se na energetske zone i podčinjeni su *CIIS*-u, i najniži mesni/lokalni u kome je operativni personal u elektranama i razvodnim postrojenjima a takođe i dispečerski delovi (punktovi) u distributivnim mrežama. Zbog značaja koje veliki energetske objekti imaju za neke delove energetskog sistema i energetske zone hijerarhija dispečerskog upravljanja je vrlo često narušena. Takvi objekti (velike *TE* i *HE*, jaki čvorovi magistralni električnih mreža) bez obzira na to što geografski pripadaju regionalnim centrima dispečerskog upravljanja su operativno podčinjeni višem nivou-*CIIS*-u.

U Velikoj Britaniji, Francuskoj i Italiji je uveden trostepeni sistem dispečerskog upravljanja i njegova primena je uspešna samo u slučajevima kada su *RDP* smešteni u istim građevinskim objektima sa Zonalnim (Energetska zona) Dispečerskim punktom *ZDP*. Broj

energetskih zona sa dispečerskim upravljanjem drugog stepena u tim zemljama je 6-7.

U USA, u kojima odvojene energetske kompanije posluju sa akcionarskim pravima i principima i nazvane su korisničkim/uslužnim snabdevaju energijom gradove, regione i državu. Osnovna odlika takvih kompanija je velika različitost kako po razmerama i mogućnostima tako i po strukturi i organizaciji upravljanja. Neke od kompanija upravljaju elektranama i električnim mrežama i uslužuju velike regione. Druge (ovakvih je manji broj) nemaju svoje elektrane (ili ih imaju u ograničenom broju) i samo distribuiraju energiju koju proizvode susedne kompanije. Razvoj sistema upravljanja, analiza i proučavanje funkcija energetskih sistema i primena računarske tehnologije mora biti praćen sticanjem novih znanja na odgovarajućem obrazovnom nivou. Moraju se uvesti dve grupe informatičkih metoda za analizu stanja energetskih sistema:

- Metode koje se koriste u operativnom upravljanju i
- Nove naprednije metode.

Operativno dobijanje podataka o energetskom sistemu je povezano sa izborom strukture merenih parametara, usavršavanjem algoritama za izračunavanje parametara proizvodnje energije, metodama verodostojnog dobijanja podataka, njihove transformacije u informacije o topologiji i stanju sistema, algoritama i modelovanja neispitanih fragmenata sistema. Konačni cilj sve veće primene računarske tehnike pri prikupljanju, analizi i procesiranju (obradi) podataka je dobijanje pune informacije o stanju sistema i toku procesa operativnog upravljanja. Donošenje ocene o stanju je poslednja etapa informatičke analize.

3. ZAKLJUČAK

Može se zaključiti da bez obzira na uvedeni tip i različitost metoda uvedenih u obrazovni proces u svrhu primene za informatičku analizu sistema osnovni cilj je da se dostignutim nivoom razvoja računarske tehnike ostvari mogućnost dobijanja kompletnih podataka o stanju sistema. Ti podaci moraju da budu primenljivi u operativnom upravljanju u funkcionalnim strukturama u centrima tehničkog sistema upravljanja radi realizacije tri tipa funkcija koje su klasifikovane u nastavku a ostvaruju se kroz monitoring, podršku i kontrolu:

Funkcionalna struktura Centara Tehničkog Sistema Upravljanja

Base Functions – Osnovne Funkcije

Data Acquisition – Prikupljanje podataka

Supervisory Control – Nadzorno upravljanje

Alarm Processor – Signal processor

Logical Alarm – Signal logike

Sequence of Events Function – Redosled funkcija procesa

Historical Data Base – Prethodna baza podataka

Load Shedding Function – Funkcije planiranih opterećenja

Automatic Data Collection – Automatsko sabiranje podataka

Safety Management – Poslovna sigurnost

Generation Functions – Funkcije proizvodnje

Load Forecasting Function – Funkcije prognoziranja opterećenja

Unit Commitment – Obavezne jedinice

Economic Dispatch and AGC – Ekonomino raspoređivanje

(Automatic Gain Control) i Automatsko upravljanje pojačanjem

Interchange Transaction Scheduling – Razmena planiranih transakcija

Network Analysis Functions – Funkcije mrežne analize
 Topology Processing – Procesiranje (obrada) topologije
 State Estimator – Ocena stanja
 Network Parameter Adaptation – Parametar mrežnog podešavanja
 Dispatcher Power Flow – Raspoređivanje tokova snaga
 Network Sensitivity Function – Funkcija mrežne osetljivosti
 Security Analysis Function – Funkcija analize bezbednosti
 Security Dispatch Function – Funkcija dispečerske bezbednosti
 Voltage Control Function – Funkcije upravljanja naponom
 Optimal Power Flow – Optimalni tokovi snaga
 Energy Management System – Tehnički sistem upravljanja

4. LITERATURA

- [1] Bjelić S., Mladenović V.: *Algorithms and Possible Methods of Emergency Control Electrical Network*, 9th Symposium NEUREL, Session 2: Applications of NNs 2, Power Control RS2.3, Beograd, 2008.
- [2] Dugan R., Brooks D., McDermott T., and Sundaram A.: *Using voltage sag and interruption indices in distribution planning*, in Proc. IEEE Power Eng. Soc. Winter Meeting, vol. 2, pp. 1164-1169, 1999.
- [3] Crozier C., and Wisdom W.: *A power quality and reliability index based on customer interruption costs*, IEEE Power Eng. Rev., vol. 19, no. 4, pp. 59-61, Apr. 1999.
- [4] Waissman J.: *Construction d'un modele comportemental pour la supervision de procedes: Application a une station de traitement des eaux*, Ph.D. dissertation, Dept. Syst. Automatiques, Inst. Nat. Polytech. Toulouse, Toulouse, France, 2000.
- [5] Butler K.L. & Momoh J.A.: *A neural network based approach for fault diagnosis in distribution networks*, in Proc. IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, vol. 2, pp. 1275-1278, 2000.
- [6] Peng J.T., Chien C. F., and Tseng T. L. B.: *Rough set theory for data mining for fault diagnosis on distribution feeder*, Proc. Inst. Elect. Eng., Gener., Transm., Distrib., vol. 151, no. 6, pp. 689-697, 2004.
- [7] Niebur D. and Germond A. J.: *Power flow classification for static security assessment*, in Proc 1st Int. Forum Applications Neural Networks Power Systems, pp. 83-88, 1991.
- [8] Hayashi Y, Iwamoto S., Furuya S., and Liu C.C.: *Efficient determination of optimal radial power system structure using Hopfield neural network with constrained noise*, IEEE Trans. Power Del., vol. 11, no. 3, pp. 1529-1535, Juli 1996.
- [9] Bjelić S.: *Energy management system in Electrical Power System*, International SAUM Conference, Kragujevac University, Proceedings, pp. 428-438, June 1993.
- [10] Bjelić S., Nerandžić M.: *SCADA of Electrical Power System*, Ses.9, 4. th Electronics Devices and System Conference 1996 Brno, Czech Republic, Proceedings Vol. 2, EDS'96.
- [11] Bjelić S.: *Application of digital signal processing to the control and protection system at substation*, AMSE, Scientific International Conference of Communications, Signals and Systems, (1996), Brno, Cz Rep., (pg. 192-196) Session 6 Signal Processing, Proceedings, Vol. 3, CSS'96.
- [12] Bjelić S.: *Implementation of the CAD for Supervisory Control and Data acquisition SCADA System in 110 and 10 kV Substation*, International Simposium of application CAD Technology, Proceedings, Work 3 ElectroGraphic Session 3, 4, FORUM 97.