



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: 004.9:621.31

Stručni rad

MODELOVANJE I UPRAVLJANJE U ENERGETSKIM SISTEMIMA NA MASTERS NIVOU

Uroš Jakšić¹, Nenad Marković², Slobodan Bjelić³

Rezime: Potreba za savremenim pristupom u modelovanju i upravljanju energetske sistemima je nastala zbog visokih vrednosti performansi "sličnih mreža" u računarskom okruženju susednih energetske sistema i zbog istraživanja i transformacije međusobnih veza između energetske napojnih mreže (AC i DC) između Balkanskih zemlja i EU. Dijagnostika, modelovanje i kontrola proizvodi ogroman broj podataka pa se javila potreba da se prikupljene informacije skladište i sačuvaju u cilju boljeg odlučivanja i realizacije nivoa "sličnih mreža". Ti podaci biće korišćeni i preporučeni za izračunavanje i modelovanje i biće u fokusu električnih kompanija. Za ovu svrhu potrebno je obrazovati nove generacije studenata na nivou diplomskih studija.

Ključne reči: Modelovanje, dijagnostika, energetske sistem.

MODELING AND CONTROL IN ENERGETIC SYSTEMS ON MASTER LEVEL

Summary: Need for modern approach in modeling and control of energetic systems arose because of high performances values of "similar networks" in computing surrounding of adjacent energetic systems and because of researches and transformations of mutual connections between energetic voltage networks (AC and DC) between Balkan Countries and EU. Diagnostic, modeling and control produces huge amount of data, so emerged the need for acquired information to be stored and saved for the purpose of better decision making and realization of "similar networks" levels. Those data shall be used and recommended for calculation and modeling, and shall be in the focus of electric power companies. For this purpose it is necessary to educate new generations of students on the level of basic studies.

Key words: Modeling, diagnostic, energetic system.

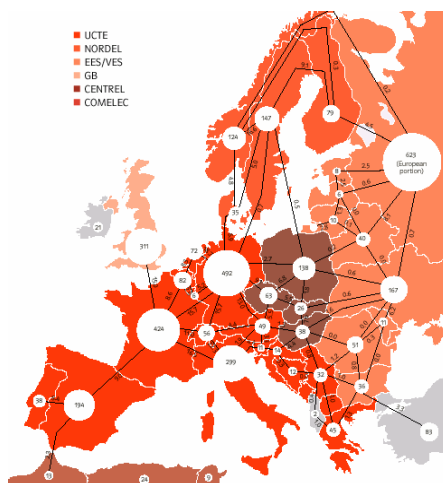
¹ Mr Uroš Jakšić, predavač, Visoka tehnička škola strukovnih studija, B. Nušića 6, Zvečan, E-mail: uros_jaksic@yahoo.com

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

³ Prof. dr Slobodan Bjelić, Fakultet tehničkih nauka, Kneza Miloša 7, Kosovska Mitrovica, E-mail: slobodan_bjelic@yahoo.com

1. UVOD

Tradicionalni i savremeni tehnički sistemi koji će biti razvijeni služiće kao početna podloga za testiranje koje će se u okviru univerziteta i privrede moći koristiti za eksperimentisanje i odlučivanje. Treba uvoditi novine u usklađivanju postojećih analitičkih sličnih metoda za transformacije i integraciju AC/DC sistema i primenu savremenih metoda i najavljuje inovacije i primenu sličnih “talas-multigrad (grid=mreža-talasnih višestrukih mrežnih) metoda” da se dobije mogućnost ravnopravnog predstavljanja stanja hibridnih AC/DC električnih mreža u hibridnim digitalnim centrima na tri načina (preko analognog, digitalnog, fizičkog modela elektroenergetskog sistema), hardvera opisnog jezika, i podataka potrebnih za uslove monitoringa i prognoze finasijskih analiza i preko tehnike za proračune ekonomske raspodele i transakcija.



Slika 1: Interkonekcije evropskih energetske sistema

Ciljevi su:

- Stvaranje paketa aktuelnih alata i budućih alata za simulaciju koji će biti razvijeni radi provjere brzine i neto troškova i mogućnosti postojećih mreža da prihvate energetske injekcije svih energetske resursa.
- Pomoći i harmonizaciji regulatora u trgovačkom delokrugu u Srbiji i na nivou Balkanskog regiona na objektima graničnih trgovinskih konekcija obe energetske mreže i mrežnih servisa koji obezbeđuju željena podešavanja za široki opseg operativnih situacija.
- Obezbediti uspešan interfejs (uspešno spajanje) novih i starih metoda i alata za predstavljanje i modelovanje energetske mreže.

2. OPIS ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA

Uspešan prenos i distribucija elektroenergetskih sistema je osnovni zahtev i interes svih građana Srbije i ekonomskih kompanija, društava i privreda koje eksploatišu energetske resurse. Da bi se poboljšale informacije o razmeni, stvorila nova rešenja i omogućila uspešna koordinacija resursa ovaj projekt predlaže razvoj jedinstvene analitičke mreže za istraživanje, eksperimentisanje i Real-time monitoring i retrospekciju paralelnih ili

sinhronih režima rada energetske sistema Evrope i takav jedan O(operativni) T(tehnološki) sistem biće sposoban da pomogne monitoringu i da podršku električnom prenosu preko sistema za konekciju ili preko VN prenosnih vodova.

Glavne karakteristike interkonekcije električnih mreža su:

- **Fleksibilnost:** za zadovoljenje potreba konzuma zbog nastalih promena opterećenja.
- **Dostupnost:** odobrenje pristupnih veza za sve korisnike mreže, kao i za proizvodnju obnovljivih izvora energije i visoka efikasnost lokalne proizvodnje sa nultom i niskom emisijom ugljenika.
- **Pouzdanost:** obezbeđenje i povećanje bezbednosti i kvaliteta isporuke, u skladu sa zahtevima ere digitalizacije čiju su kriterijumi i elastičnost i neizvesnost.
- **Ekonomski:** pomoću inovacija izbijaju u prvi plan najbolje vrednosti, efikasno upravljanje energijom a u konkurenciji dostizanje nivoa takmičarskog polja i regulativa.

Predloženi metod usmeren je ka rešavanju zahteva za visokim performansama "sličnih mreža" u računarskom okruženju i na istraživanje i na podršku konekcija električnih mreža na nivou EU. Dijagnostika, modelovanje i monitoring mogu da stvore veliku bazu podataka potrebnu za uspešno skladištenje i analizu prikupljenih informacija u cilju boljeg odlučivanja i izvršenja; ta baza se može koristiti kao preporučena mrežna platforma za izračunavanje i modelovanje.

Ključni elementi metoda obuhvaju:

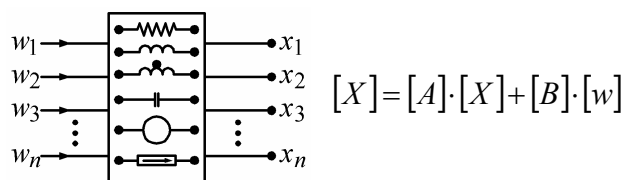
- Formiranje paketa sadašnjih alata i onih koji će biti razvijeni i provere njihove brzine i ekonomičnosti da bi postojeće mreže mogle da prihvate energetske inekcije iz svih energetske resursa.
- Pomoć i harmonizaciju zakonski donesenih regulativa u trgovinskom okviru prema Evropi radi stvaranja olakšica u trgovini i uslugama između obe mreže, uz obezbeđenje njihovog prilagođavanja u širokom opsegu i operativne podrške.
- Za razvoj sistema i mogućih poslovnih veza koristiće se inovacije u uslugama kako bi se omogućilo uređenje i napredak u njihovoj efikasnosti i povećali nivoi mogućih usluga za potrošače;
- Obezbeđenje uspešnog interfejsa.

Modelovanjem platformi mogu se realizovati diskretni zatvoreni korelacioni elementi kao što su:

- Testiranje performansi sistema pomoću uzoraka pripremljenih za softver-moguće komparacije između različitih tehnika i algoritama.
- Unapređeno modelovanje alata-za određivanje relacija između promenljivih u ekologiji i elektroenergetskih dijagrama opterećenja.
- Procena bezbednog prenosa energije pomoću mreža u realnom vremenu-inovirana rešenja u traženom realnom vremenu i analiza opterećenih mreža u realnom vremenu.
- Ocena stanja prenosne mreže-tehnike za obezbeđenje kvaliteta i tačnosti u realnom vremenu.
- Opcije za optimizaciju-identifikacija najefikasnije strategije planiranja i operativne strategije (energetska efikasnost, ekonomičnost i zaštita okoline).

Podrška modela u obrazovanju koji upućuje na integraciju AC/DC interkonekcija elektroenergetskih sistema je zasnovana na koncepciji da se spreči ispad komponenti u proizvodnji, prenosu i distribuciji. Model za podršku kompleksu električnih mreža treba razviti kao sistem nelinearnih diferencijalnih jednačina sa relacijama koje definišu

karakteristike svake od komponenti (R , L , C) sa stanjima promenljivih veličina (V , I , ω). Svaka od komponenti predstavljena je (sl. 2) kao sistem crne kutije sa unutrašnjom karakteristikom i poznatim ulazom i izlazom. Na osnovu ovog sadržaja može se izvesti sistem jednačina u obliku:



Slika 2: Sadržaj komponenti

gde je $[x]$ stanje promenljive vektora koji predstavlja izlaz, $[w]$ je stanje ulaza promenljive vektora a $[A]$, $[B]$ su matrice koje karakterišu sistem uključujući vreme. Prekid na segmentima mreža i komponenti i dozvoljenih interkonekcija različitog nivoa mreža može biti na sličan način modelovan i rešen za industriju, grad ili neki region.

3. TRANZIJENTNA PODRŠKA INTEGRISANIH AC/DC SISTEMA

Tranzijentna podrška se ostvaruje primenom modularno modelovane tehnike za predstavljanje međusobno povezanih sistema EU u spoju sa modifikovanim stanjem-približno promenljivih, jednačinama stanja promenljivih sa komponentama koje se mogu posebno formulirati i za rešavanje u realnom vremenu koristiti računarske baze podataka. Metod obezbeđuje efikasno rešavanje problema simulacije nelinearnih karakteristika i topoloških promena izazvanih pretvaračkim operacijama, kvarovima ili drugim komutacionim postupcima.

Osnovno svojstvo metoda podrške je eksploatacija strukture energetskog sistema i podela opterećenja na prenosne vodove podsistema. Sledeća fleksibilna sistematska procedura odnosi se na automatsko formiranje jednačine stanja povezanih opterećenja a onda se koriste povezane algebarske jednačine u koje su uključene promenljive stanja komponenti.

Tranzijentna podrška približnom modelovanju se posebno koristi za simulaciju integrisanih AC/DC sistema uključujući detalje predstavljanja pretvarača, parcijalnu linearnu prezentaciju krivih, magnećenje transformatora, $d-q$ prezentacije sinhronih generatora ili kondenzatori i električnih kola koja predstavljaju moguće kvarove na vodu. U metodu se mogu uključiti i modeli pretvarača i drugih uređaja sistema u zavisnosti od zahteva ili naručene parcijalne studije. Stanje približno promenljive daje mogućnost da se napišu skupovi diferencijalnih jednačina koje opisuju ponašanje mreža kada je trenutna vrednost promenljive bitna za procenu sistemskog odgovora. Za velike mreže i integrisane AC/DC sisteme, neposredna aplikacija stanja-približno promenljivih kao podrške 3-faznom energetskom sistemu ima sledeće nepovoljne okolnosti:

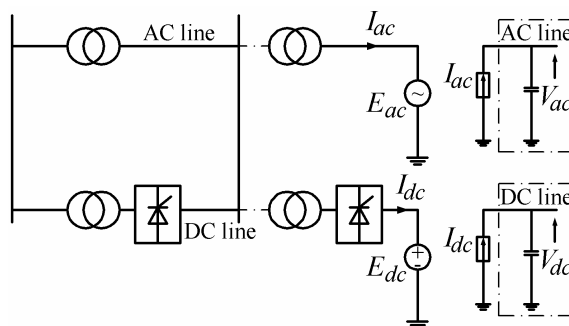
- modelovanje normalna tri vremena za potrošnju i primena tehnike programiranja su neophodni, naročito kada je konfiguracija sistema različita zbog vremenskih pretvaračkih operacija,
- primer jedne nepotpune sistem matrice $[A]$ dat je na (sl. 3).

Prvi korak u savladavanju ove problematike je eksploatacija strukture energetskog sistema i mogućnost njenog raspada u podsisteme. Za modelovnje, podršku i analitičke svrhe,

energetski sistem se u početku deli na opterećenja i prenosne vodove povezane na slična opterećenja kao što je generator, kondenzatori i reaktori, filteri, transformatori, pretvarači i tako dalje.

$$[A]=\begin{bmatrix} 0.0 & -5.607 & -748.2 & 0.0 & 624.09 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 1.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.00004 & -0.0854 & 0.0 & -0.051 & 0.0 & 0.105 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & -27.83 & 0.0 & -465.51 & 0.0 & -110.95 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & -0.595 & -325.59 & 0.0 & 51.813 & 465.51 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 28.97 & -28.97 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & -5.0 & 0.0 & -250.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 150.32 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & -4.8 & 1.0 \\ 0.0 & 0.0085 & 104.534 & 0.0 & -12.461 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & -100.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 5183.36 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & -200.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 150.32 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & -4.8 & 0.0 \end{bmatrix}$$

Slika 3: Tipična matrica sistema



Slika 4: Model distribucije

Ovaj raspod se može ostvariti izdvajanjem tačaka mreža gde su opterećenja povezana na AC ili DC prenosne vodove (sl. 4a). Glavna prednost ovog raspada integrisanog AC/DC sistema je taj podsistem tako napravljen da se može simulirati nezavisno ako se zamene uticaji bliskih podsistema ekvivalentnog napona naponskih i strujnih izvora, kao što je dato na (sl. 4.b).

Ekvivalentni naponski izvori E_{ac} i E_{dc} su jednakih stanja za promenljive napone V_{ac} i V_{dc} . Struje I_{ac} i I_{dc} , koje su izražene kao kategorije stanja promenljivih struja opterećenja subsistema, u osnovi teku od ekvivalentnih naponskih izvora i koriste se za određivanje ekvivalentnih strujnih izvora koji injektiraju energiju u ac (AC) i dc (DC) prenosne vodove podsistema. Ove struje služe kao relativna dopuna promenljivih u radu prenosnih vodova podsistema. Kada su mnogi ac vodovi uključeni neposredno u pogon njihovi doprinosi mogu odgovarati samo jednom ekvivalentnom naponskom izvoru. Struje koje potiču od tih naponskih izvora jednake su zbiru struja injektiranih od njih na ovom ac (AC)vodu.

Predloženi približni model može biti dalje poboljšan deljenjem rada celine podsistema na rad po komponentama. Sledeći sistematsku proceduru, zasnovanu na modifikovanom stanju-približno promenljivih, jednačine stanja delova povezanih u radu se formulišu automatski a onda se povežu upotrebom algebarskih jednačina koje uključuju promenljive stanja od delova. Upotrebom delova nepotpune matrice $[A_i]$ povezane sa sistemom matrica $[A]$ izbegnuto je i traženje u računarske memorije a izvršno vreme je minimizirano.

Takođe, topološke promene u sastavnim delovima i promene izazvane pretvaračkim operacijama, kvarovi ili drugi komutacioni postupci, utiču na samu odgovarajuću matricu $[A_i]$. Metoda je uspešna za upravljanje kada su velike vrednosti ulaznih podataka i izlazni rezultati uključeni u detaljan opis sistema.

4. TALAS-MULTIGRID METODA ZA REŠENJE DIFERENCIJALNIH JEDNAČINA

Sistem jednačina je izveden postupkom ograničenja razlika diskretizacija diferencijalnih jednačina koji odgovara električnoj mreži predstavljenu u talasu. Ove jednačine se mogu rešiti upotrebom višestrukog razlaganja sopstvenih talasnih karakteristika razređene matrice sa uspostavljenim uslovnim brojem $O(1)$ koja se odnosi na multigrid strategiju ubrzane konvergencije.

5. MODELOVANJE HIBRIDNIH DIGITALNIH ČVOROVA

Ovo modelovanje je pogodno za proračun neprekidnih i diskretnih procesa elektroenergetskih sistema a univerzalnost metode i rešenja se ne postiže zbog velikog broja veličina u sistemu jednačina. Model hibridnih digitalnih čvorova se preporučuje za približno modelovanje brzih (elektromagnetnih) i tromih (elektromehaničkih) procesa u električnim mrežama. Postoji mogućnost kombinovanja (analogni, digitalni, fizički) za EES a rezultati će biti:

- argumentovani izbor jedne od optimalnih metoda numeričke integracije,
- procena prihvatljivosti zbog složenosti model obrade sa jednim digitalni procesorom,
- argumentovana-obrazložena struktura hibrid računar sa real-time (stvarnim vremenom) obrade, paritet (jednakost) digitalnog i analognog dela.

6. LITERATURA

- [1] Bjelić S., Mladenović V.: *Metodološki pristup razvoju sistema za prikupljanje, prenos i obradu podataka u električnim mrežama*, Tehnika-Elektrotehnika 2, 3, ISSN 0040 2176,1, str. 9-16, 2008.
- [2] Bjelić S., Mladenović V.: *Algorithm and Possible method of Emergency Control Electrical Network*, Paper RS 2.3, IEEE Catalog Number: CFP08481-CDR, Session 2: Application of NNS2: Power Control, Int. Conf. NEUREL 2008.
- [3] Dag O., Ucak C.: *Fault classification for power distribution systems via a combined wave let-neural approach*, in Proc. Int. Conf. Power System Technology, vol. 2, pp. 1309-1314, 2004.
- [4] Butler K. L., Momoh J. A.: *A neural network based approach for diagnosis in distribution networks*, in Proc. IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, vol. 2, pp.1275-1278, 2000.
- [5] Peng J.T.C., Tseng T.L.B.: *Rough set theory for data mining for diagnosis on distribution feeder*, Proc. Inst. Elect. Eng., vol. 151, no. 6, pp. 689-697, Nov. 2004.
- [6] Niebur D., Germond A.J.: *Power flow classification for static security assessment*, in Proc. 1st Int. Forum Applications Neural Networks Power Systems, pp. 83-88, 1991.
Hayashi Y., Iwamoto S., Furuya S., 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, Jul. 1996.