



Mr. sc. Ivica Toljan, dipl.ing.
HEP – NDC
Mr. sc. Ranko Goić, dipl.ing.
Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje – Split
Marko Lovrić, dipl.ing.
HEP – Dispečerski centar Split

39-04

PLANIRANJE RADA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA SA “NPE” ELEKTRANOM

SAŽETAK

Svaki elektroenergetski sustav je poseban za sebe i rijetko bi se na svijetu moglo pronaći dva identična. Razlike su kako u samoj strukturi proizvodnje, a time i korištenju primarnih energenata tako i u vlasništvu, organizaciji, informatičkoj tehnologiji. Funkcija cilja prilikom planiranja i upravljanja je uglavnom svugdje jednaka; traži se optimum (računanje ekstrema funkcije) koji definira minimalne troškove. Izabrana metodologija i organizacija eksploatacije determinira efikasnost upravljanja u svakom elektroenergetskom sustavu.

Implementacija NPE (“neovisni proizvođač energije”) elektrana, zbog svojih ugovornih obveza, može negativno djelovati na optimizaciju rada elektroenergetskog sustava. Osnovni problem je obveza “preuzmi ili plati” (eng. “take or pay”) koja definira obvezatni dispečing elektrane bez obzira na trenutnu neekonomičnost. Upravo je to najteži i najizazovniji dio pregovora između kupca i NPE-a (“ugovor o kupnji energije - UOKE”). Mora se naglasiti da je ta obveza puno stroža i teža kod plinskih elektrana nego kod elektrana na ugljen. To je zato jer se ugljen može uskladištiti i time izbjeći obvezno dispečiranje u nepovoljnom trenutku, dok je sa plinom situacija bitno drugačija. Plin se mora potrošiti ili ako se i ne potroši mora se platiti. Uskladištenje uglavnom nije komercijalno povoljno. Dodatni problem je i obvezna mjesečna dinamika potrošnje plina jer plin nema istu cijenu zimi i ljeti, pa se u ugovoru obvezuje od strane kupca kvartalna potrošnja plina, odnosno proizvodnja elektrane, koja onda štiti prodavatelja da neće morati nabavljati (trošiti) plin u skupljim tarifama za vrijeme zimske sezone.

Ključne riječi: planiranje, elektroenergetski sustav, NPE, UOKE, “preuzmi ili plati”

INTEGRATION IPP INTO THE POWER SYSTEM OPERATION’S PLANNING

ABSTRACT

There are no two identical electric power system in the world, and each and every of them is specific *per se*. The main differences among them include structure of generation, as well as primary energy use, ownership, organisation, information technology.

The planning of target function and controlling is mainly the same everywhere; to obtain the optimum function (function extremes calculation), which produces minimal costs. Efficiency of system control is defined by the chosen methodology and organisation of operations.

The optimisation of electric power system could be disturbed by the implementation of IPP into electric power system due to contract obligations (power purchase agreement). The fundamental

problem is “take or pay obligation”, without having in mind optimal target. This issue is the most important part of the negotiating process between IPP and purchaser. It has to be stressed that gas power plants are more difficult to manage compared with coal power plants. Dispatching obligation could be prevented in coal power plants due to coal storage, and gas has to be spent even if it is not sold; gas storing is not commercially worth while. An additional problem is quarterly gas consumption, which protects supplier from buying gas during winter season when the price is higher.

Key words: planning, electric power system, IPP, PPA, “take or pay”

1. UVOD

Promjene u organizaciji, vlasništvu, energetske – ekonomskoj funkciji energetske, a poglavito elektroenergetskog sektora su u cijelom svijetu postale konstanta. Osnovni pokretač svih procesa je smanjivanje troškova proizvodnje, prijenosa, upravljanja i distribucije energije. Najveći rezultati se postižu u domeni gradnje novih kapaciteta za proizvodnju električne energije (elektrana). Sve više se otvara prostor privatnom kapitalu i omogućavaju gradnje privatnih elektrana koje nakon toga u elektroenergetskom sustavu imaju tretman ili status neovisnih proizvođača električne energije (eng. independent power producer- IPP). Način, uvjeti za rad i komercijalna metodologija egzistiranja u određenom vremenskom razdoblju definiraju se čitavim nizom ugovora koji se sjedinjuju u kompleksnom ugovoru o kupnji električne energije (eng. power purchase agreement - PPA) koji se sklapa između NPE i kupca.

Energetske – ekonomska analiza rada i dispečiranja nove NPE elektrane je vrlo zahtjevan posao. Temelj kvalitetnih i zadovoljavajućih rezultata je velika količina pripremljenih ulaznih podataka. Uglavnom se upotrebljavaju “analiza dobiti” (eng. cost benefit analysis) i “analiza djelotvornosti” (eng. cost effective analysis). Analiza troškova i dobiti je povezana sa različitim tijekovima akcije koji su dizajnirani da identificiraju mogućnosti koje daju maksimalnu dobit, odnosno pružaju minimalne troškove. Analiza djelotvornosti je analiza različitih akcija u tijeku čiji cilj je identificirati alternativu koja daje maksimalnu djelotvornost za određeni iznos troškova, ili alternativu koja minimalizira troškove dostizanja ugovorenog nivoa efikasnosti. Matematički formulirano radi se o rješavanju problema traženja ekstreme funkcija (min. ili max.) pomoću Lagrange-ovih jednadžbi.

Metodologija korištena u analizama je deduktivnog tipa gdje se kreće od mogućeg scenarija (referentnog) ukupne godišnje potrošnje za promatranu godinu ulaska elektrane u elektroenergetski sustav do raščlambe ekonomskog dispečinga svih raspoloživih elektrana na dnevnoj srednjesatnoj razini. Dobiveni rezultati se nastavljaju korigirati na dnevnoj razini različitom kombinacijom proizvodnje ovisno o obvezama iz ugovora “uzmi ili plati”, završavajući do godišnje potrošnje i time ima elemente “od dna do vrha” metodologije (eng. bottom – up methodology).

Odluka o gradnji novih kapaciteta mora biti donešena na temelju studioznih energetske – ekonomskih analiza. Evolucija vrlo dinamičnih promjena u energetske sektoru rezultirala je i zahtjevom za obrazovanjem i stvaranjem eksperata po pitanjima koja povezuju energetiku, ekonomiju i organizaciju. U razvijenim zemljama to su vrlo poznate i priznate profesije; energetske ekonomist (eng. the energy economist).

Temelj pravilne odluke za izgradnju novog kapaciteta u elektroenergetskom sustavu je energetska simulacija povećanja potreba za novim kapacitetima koji se realiziraju na različite načine, ovisno o matematičkom modelu, razina upotrebljene informatičke tehnologije kao i kvaliteta ulaznih podataka.

U procesu planiranja razvoja elektroenergetskog sustava dominantni faktor je iskustvo planera, stoga je potrebno da to rade stručnjaci koji imaju razvijen osjećaj (na temelju dulje prakse) za redove veličina. Cilj je referata u kratkim koracima prikazati izračun planiranja rada NPE u elektroenergetskom sustavu te na temelju svih ulaznih elemenata odrediti godišnju krivulju trajanja opterećenja.

2. “NEOVISNI PROIZVOĐAČ ELEKTRIČNE ENERGIJE I UGOVOR “PREUZMI ILI PLATI”

2.1 “Neovisni proizvođač električne energije”

Neovisni proizvođači električne energije su rezultat tendencije privatizacije elektroprivrednih poduzeća koja su imala karakteristike monopolne proizvodnje. Svugdje gdje su se u svijetu pojavili NPE došlo je do značajnih promjena u elektroenergetskom sektoru, ubrzali su se procesi restrukturiranja i privatizacije. Daljnji korak je uspostava tržišta električne energije i time povećanja efikasnosti nacionalnog gospodarstva.

NPE su alternativni odgovor na dosadašnji način investiranja u nove kapacitete. Anagažiranje privatnog, a ne državnog kapitala stvara uvjete za sve snažnijom konkurencijom i time bitno pomaže gospodarskom cilju održivog razvitka za koji se bore gotovo sve zemlje. Sve navedeno su bili i motivi prilikom odluke pokretanja projekta NPE u Hrvatskoj. Samo jedan NPE narušava monopolni položaj HEP-a, ali samo do stanja oligopola, a daljnje promjene koje su utemeljene “Strategijom energetskog razvitka Republike Hrvatske” će vjerojatno tek otvoriti prostor novom NPE i procesu liberalizacije elektroenergetskog tržišta

Hrvatska elektroprivreda je implementacijom nekoliko malih hidroelektrana već *de facto* uvrstila u svoj elektroenergetski sustav neovisne proizvođače električne energije. No, kako se radi o malim proizvođačima (do 5 MW instalirane snage) njihov je status poseban i nije usporediv (osim domene investiranja) sa našim prvim NPE Jertovcem koji ima službeni naziv KB3 Jertovec. Jedno od najvažnijih pitanja, otkupna cijena proizvedene električne energije, je pojednostavljeno ugovorena i definirana je u odnosu na prosječnu prodajnu cijenu električne energije u hrvatskom elektroenergetskom sustavu (75% prosječne prodajne cijene za objekte snage do 500 kW odnosno 65% prosječne prodajne cijene za objekte snage preko 500 kW). Početak svakog novog energetskog kapaciteta je određivanje veličine izgradnje.

Veličina izgradnje novog kapaciteta se određuje na temelju :

- iskazanih potreba za snagom i energijom u elektroenergetskom sustavu
- blizina potrošnje (eng. consumption; to je porijeklo našeg čestog izraza konzum)
- dinamičke i statičke stabilnosti elektroenergetskog sustava
- prijenosnih mogućnosti
- mogućnosti dobave goriva

Po navedenim kriterijim zaključeno je da je u blizini već postojeće elektrane Jertovec (općina Konjščina) podesno napraviti prvi NPE u Hrvatskoj , a veličina izgradnje bi trebala biti 240 MW.

2.2 Ugovor u kupnji energije i “preuzmi ili plati” (eng. take or pay) obveza

Egzistencija NPE je definirana između vlasnika i kupca posebnim ugovorom koji je predmet dugih, “teških” i vrlo iscrpljujućih pregovaranja. To je stoga jer i najmanja sitnica o kojoj se nije vodilo računa kasnije može djelovati negativno na financijski tijek novca samog projekta (eng. cash flow), na dobit, odnosno gubitak za vlasnika, ali i na cijenu koju plaća kupac. Vrlo često se može čuti slikovit prijevod (eng. take or pay) “puno za prazno” što nije netočno, ali je u inženjerskoj terminologiji prihvatljivije i preciznije “uzmi ili plati” ili još točnije “preuzmi ili plati”. Originalno na engleskom je to skraćenica nastala od ugovorne skraćenice “take or not, always pay” koju su još skratili na “take or pay”, a koja znači preuzeo ili ne, uvijek plati. To je izraz koji se rabi u poslovnom svijetu i nije poseban samo za energetski sektor; napr. u sektoru ugostiteljstva mogu se zakupiti hotelski kapaciteti koji se tada moraju platiti bez obzira jesu li gosti popunili zakupljene kapacitete, i to je rizik onog koji zakupljuje.

U našem slučaju KB3 Jertovec skraćenica “preuzmi ili plati” odnosi se na količinu plina (količina plina određuje vrijeme rada elektrane i time proizvedenu energiju), koja će se u ugovori definirati, i ona će odrediti kolika je naša “preuzmi ili plati” obveza, odnosno rizik. Rješenje navedenog problema je simulacija rada hrvatskog elektroenergetskog sustava varijantnom analizom utjecajnih parametara. Ugovorom o kupnji električne energije od kupca se zahtijeva da plaća mjesečnu tarifu za raspoloživi kapacitet i isporučenu energiju od strane NPE. Uglavnom u svim ugovorima je pristup “dvodjelna” tarifa, podjeljena na komponente kapaciteta (capacity charge) i energije (energy charge).

Naplata za raspoloživi kapacitet pokriva troškove koje bi mi mogli poistovjetiti sa fiksnim troškovima. Fiksni troškovi su troškovi pogona i održavanja, administrativni troškovi, financijski troškovi porezi, povrat od vlastitog kapitala, može biti i uključena fiksna komponenta troškova transporta goriva.

Troškovi energije (varijabilni troškovi) se pojavljuju samo ako je elektrana dispečirana od strane kupca, dok se fiksni troškovi naplaćuju ako je kapacitet raspoloživ. Time vidimo da raspoloživost igra vrlo važnu ulogu u obračunu cijene i time nameće osoblju elektrane veliku budnost i oprez prilikom rada elektrane, jer se svaki neplanirani ispad naplaćuje i stvara veliki gubitak vlasniku elektrane. Neusporedivo sa elektranama u državnom vlasništvu, gdje je računanje raspoloživosti u domeni statističkog praćenja pogona elektrane. Kada imamo klauzulu "preuzmi ili plati" dio cijene za energiju mora se platiti bez obzira jeli elektrana dispečirana. To je dodatno ograničenje prilikom planiranja rada NPE koje može narušiti optimizaciju.

3. METODOLOGIJA PRORAČUNA

Za potrebe ugovaranja režima rada, te mjesečnih i godišnjih faktora angažiranja odnosno potrošnje goriva KB3 Jertovec 240 MW, potrebno je definirati osnovne energetske-ekonomske pokazatelje rada na osnovu zahtjeva EES-a, dobivenih na osnovu analize uklapanja iste u dnevne dijagrame potrošnje. Takva analiza, na osnovu optimalnog dnevnog dispečiranja svih elektrana u sustavu odgovarajućim metodama redosljeda angažiranja elektrana (unit commitment) i raspodjele snage među angažiranim elektranama (ekonomski dispečing), treba dati osnovne parametara rada nove termoelektrane na dnevnom nivou, te odgovarajuće parametre na mjesečnom i godišnjem nivou, pomoću kojih se može sagledati budući režim rada i ukupan položaj termoelektrane unutar EES-a Hrvatske. Osnovni cilj proračuna je određivanje krivulje trajanja opterećenja i ostalih energetske-ekonomskih pokazatelja rada NPP elektrane u pretpostavljenoj godini ulaska u pogon, s hidrološkom neizvjesnošću i cijenama goriva za termoelektrane kao glavnim varijabilnim faktorima.

Simulacija rada KB3 Jertovec počinje od definiranja potrošnje u EES-u Hrvatske, za što se uzima scenarij razvoja ukupne potrošnje električne energije i maksimalno opterećenje za pretpostavljenu godinu ulaska u pogon (2003.) napravljen u sklopu "Master plana" (razvoj hrvatskog elektroenergetskog sustava). Analiza je moguća i za dva ekstremna slučaja razvoja potrošnje - niži i supervisoki, čime se može dobiti bolji pregled osjetljivosti rezultata proračuna s obzirom na nesigurnost predviđene potrošnje. Rezultati za 1997. i 1998. pokazuju da je referentni scenarij (sl.1.) najrealniji, te se kao takav uzima u proračunu.

Godina	Referentni scenarij		Ostvarenje	
	Wuk	Pmax	Wuk	Pmax
	TWh	MW	TWh	MW
1997	13.0	2391	12,8	2417
1998	13.7	2513	13,4	2585
1999	14.4	2636		
2000	15.1	2758		
2001	15.6	2841		
2002	16.1	2923		
2003	16.7	3006		

Slika 1 Referentni scenarij razvoja potrošnje električne energije u Hrvatskoj, izvor: "Master plan" Energetski institut "Hrvoje Požar"

Nakon izračuna postotnog povećanja potrošnje u odnosu na prethodnu godinu (sve do 2003., a može se vremenski interval i mijenjati) prelazi se na dnevne dijagrame potrošnje koji su ostvareni u zadnjoj godini prije proračuna, a koje se uvećavaju za prethodno izračunato postotno povećanje ukupne potrošnje.

S obzirom da je hidrologija najbitniji ali i najnesigurniji parametar koji uvjetuje rad EES-a Hrvatske, analiza se radi s različitim hidrološkim varijantama.

Minimalni broj varijanti koje treba uzeti u proračun su varijante sa suhom hidrologijom (vjerojatnost pojave 90% ili više), vrlo vlažana hidrologija (vjerojatnost pojave 15% ili manje), te hidrologija sa 70%-tnom vjerojatnošću koja se obično uzima u bilančnim analizama.

U okviru proračuna za jednu promatranu hidrologiju, za svaki mjesec u godini radi se simulacija rada EES-a Hrvatske na dnevnoj razini za radni odnosno neradni dan. Množeći dobivene rezultate s brojem radnih i neradnih dana u mjesecu, dobiju se odgovarajući parametri rada promatrane elektrane (dnevni dijagrami opterećenja i proizvodnja termoelektrane, potrošak goriva, troškovi za gorivo, specifični troškovi za gorivo, faktor angažiranja, ekvivalentni broj sati rada s maksimalnim opterećenjem, krivulja trajanja opterećenja) i EES-a u cjelini (proizvodnja svih elektrana po tipovima, faktor angažiranja elektrana, troškovi goriva za termoelektrane, specifični troškovi rada termoelektrana, stanja akumulacijskih bazena itd.) za promatrani mjesec. Kompletni postupak može se napraviti u različitim varijantama s obzirom na raspoloživost bitnih termoelektrana, cijena goriva i sl.

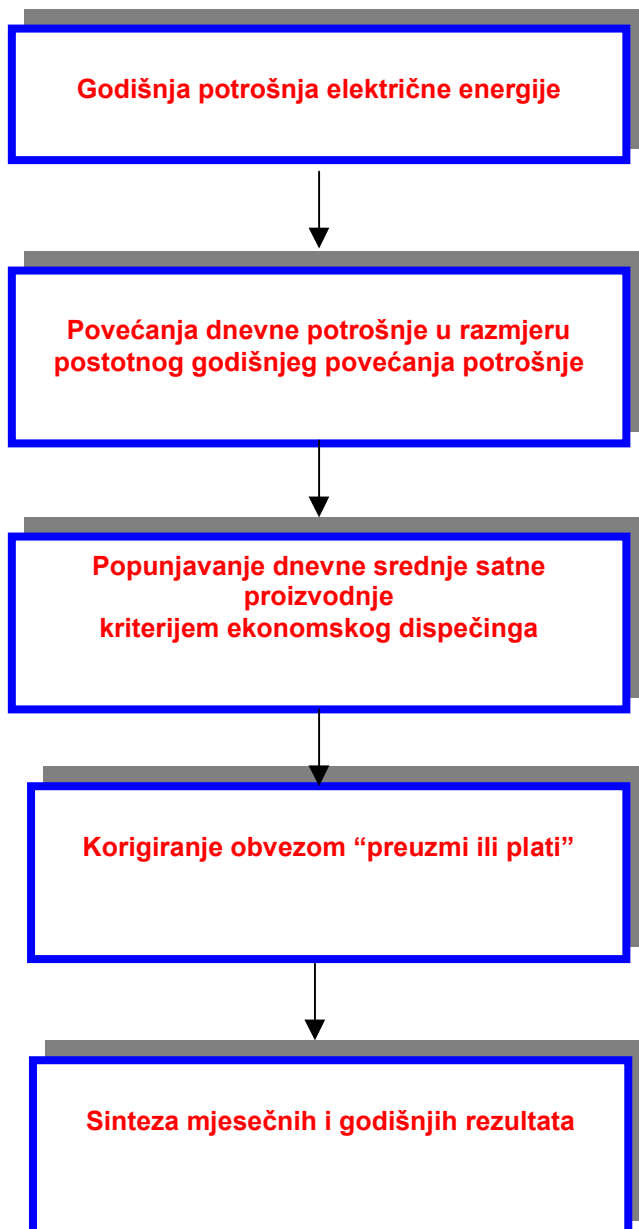
Za svođenje rezultata proračuna na godišnji nivo, koriste se izračunate mjesečne vrijednosti. Iz očekivanih rezultata na godišnjem nivou proizlazi i ukupna vodna bilanca za koju je prije izvršenih proračuna predviđeno da ispuni tri osnovna uvjeta:

- godišnja proizvodnja hidroelektrana mora rezultirati proizvodnjom pretpostavljene hidrologije,
- stanje u akumulacijama za 70%-tnu hidrologiju mora se približno poklapati s predviđenim poželjnim stanjima,
- ukupni energetska sadržaj na kraju godine mora biti jednak onome na početku.

Ovakvi zahtjevi traže dodatne iterativne proračune kako bi se simulirane varijante korištenja akumulacija što bolje približile realnoj situaciji.

Za angažiranje termoelektrana treba posebno izdvojiti dispečiranje toplana koje se angažiraju prema toplinskom konzumu, te uvažiti predviđene termine remonta svih termoelektrana. Uvažavanje i utjecaj eventualnih neplaniranih ispada termoelektrana moguće je obuhvatiti odgovarajućom simulacijom ispada uz zadane faktore raspoloživosti.

Proračuni na dnevnom nivou, na osnovu kojih se radi sinteza odgovarajućih rezultata na mjesečnom odnosno godišnjem nivou izvode se pomoću programskog sustava za dnevno planiranje rada EES-a Hrvatske, uvažavajući sva bitna ograničenja, uvjete i operativne principe u realnom dispečingu EES-a Hrvatske. Raspodjela snage među angažiranim termoelektranama vrši se po principu ekonomskog dispečinga, tj. radi se na način da se osigura minimalni potrošak goriva. Pri tome se uvažava obvezatna proizvodnja NPE glede obveze potrošnje dogovorene količine plina. Na slici br.2 prikazan je shematski prikaz navedenog postupka.



Slika 2 Dijagram tijeka izračuna planiranja rada EES sa NPE

4. ZAKLJUČAK

Promjenama u energetsom sektoru i planiranje rada elektroenergetskog sustava zahtijeva drugačiji pristup. On proizlazi iz sve većeg zahtjeva za boljom optimizacijom koju omogućava napredak u informatičkoj tehnologiji. Pojava neovisnih proizvođača električne energije traži vrlo detaljne analize zbog ugovornih obveza koje definiraju rad takvih novih kapaciteta. Izračun vjerojatnog vremena rada a time i proizvedene količine energije spada u najzahtjevnije probleme koji se trebaju riješiti prilikom analize moguće implementacije. Problem je poglavito složen stoga jer je svaki elektroenergetski sustav poseban za sebe i samo eksperti koji se profesionalno bave upravljenjem pojedinog sustava mogu kvalitetno iznaći rješenja navedenog problema. U svjetskoj stručnoj praksi postoji više modela i načina na koji se mogu rješavati problemi planiranja sa NPE. Ovaj model je prilagođen hrvatskom elektroenergetskom sustavu i za očekivati je da će usvajanjem bolje informatičke tehnologije i organizacije elektroenergetskog sektora doći do poboljšanja rada procesa planiranja. Implementacijom NPE u hrvatski elektroenergetski sustav i metodologija godišnje elektroenergetske bilance će doživjeti značajne promjene. U Hrvatskoj već postoje određeni razvojni softverski alati razvijeni sa ciljem računanja redosljeda angažiranja i ekonomskog dispečinga (L2,L3), a time i dugoročnijeg planiranja, koji su kvalitetna osnova za razvoj hrvatske metodologije planiranja rada elektroenergetskog sustava.

LITERATURA:

- [1] Allen J. Wood, Bruce F. Wollenberg: "Power, Generation, Operation and Control", New York, USA, 1996. Second Edition
- [2] Goić, Lovrić: "Planiranje rada hrvatskog elektroenergetskog sustava na mjesečnom i godišnjom nivou simulacijom rada na dnevnom nivou pomoću programskog sustava DPLAN".
- [3] Lovrić, Goić : "Planiranje rada termoelektrana i utjecaj cijena goriva na njihovo angažiranje"
- [4] Toljan: "Redosljed angažiranja egregata i ekonomski dispečing", Cavtat, CIGRE 1998.
- [5] Energetsko-ekonomska analiza rada i dispečiranja nove TE 2x285 MW na ugljen u EES-u Hrvatske, FRACTAL d.o.o. Split, studeni 1998.