

EKONOMSKI DISPEČING TERMO SISTEMA POMOĆU GRADIJENTNE METODE PRVOG REDA SA PRIMJENOM NA EES REPUBLIKE SRPSKE

Tamara Bojić¹

Ključne riječi: *Optimizacija proizvodnje, ekonomski dispečing termoelektrana, Lagrangeova funkcija, gradijentna metoda prvog reda.*

SAŽETAK:

U ovome radu obuhvaćena je problematika ekonomskog dispečinga koji predstavlja važan segment kratkoročnog planiranja rada elektroenergetskog sistema (u daljem tekstu EES). Izvodi se u okviru dnevnog planiranja proizvodnje odnosno izrade voznog reda elektrana za sljedeći dan, kao i u realnom vremenu. Rješavanje ekonomskog dispečinga je od posebnog značaja u čisto termo sistemima i mješovitim hidro-termo sistemima sa značajnim udjelom termoelektrana, jer su pogonski troškovi hidroelektrana zanemarljivi u poređenju sa pogonskim troškovima termoelektrana. Za rješavanje matematičkog modela ekonomskog dispečinga primijenjena je iterativna gradijentna metoda prvog reda, koja je ilustrovana kroz optimalnu raspodjelu opterećenja između proizvodnih termo kapaciteta EES Republike Srpske.

1. UVOD

Kratkoročno operativno planiranje rada elektrana je jedna od najbitnijih faza u planiranju rada EES. Izvodi se sa konačnim ciljem sigurnog, kvalitetnog i ekonomičnog zadovoljenja potreba potrošača u sistemu. Način angažovanja elektrana zavisi od njihovih tehničkih karakteristika, raspoloživosti, stanja u sistemu, cijena primarnih energenata, mogućnosti razmjene (uvoza ili izvoza) sa drugim sistemima i dr. Poznavajući pogonska stanja i parametre sistema, teži se ka optimalnom angažovanju agregata s ciljem racionalne i ekonomične eksploatacije proizvodnih kapaciteta.

¹ Tamara Bojić, dipl.el.inž., Hidroelektrane na Trebišnjici, Trebinje.

Problem optimalnog angažovanja agregata ("Unit Scheduling" - US) u EES se može podijeliti na sljedeće povezane potprobleme:

- potproblem izbora agregata ("Unit Commitment" - UC),
- potproblem optimalne raspodjele opterećenja na agregate koji su u pogonu ekonomski dispečing ("Economic Dispatching" - ED).

Problem angažovanja agregata može se riješiti odvojenim rješavanjem svakog od definisanih potproblema, iako su rješenja potproblema međusobno zavisna. Osnovni kriterijum koji se primjenjuje pri rješavanju svakog od navedenih problema optimalnog angažovanja agregata je kriterijum minimizacije pogonskih troškova sistema, uz uvažavanje niza radnih ograničenja i uslova u sistemu.

Optimalna kombinacija proizvodnih agregata koji treba da se nalaze u pogonu radi zadovoljenja potreba potrošača je promjenljiva zbog vremenski promjenljivog opterećenja sistema. Rješavanjem problema izbora agregata u pogonu, definišu se periodi rada proizvodnih jedinica na mreži, odnosno trenuci njihove sinhronizacije i zaustavljanja, sa ciljem postizanja što bolje ekonomičnosti u radu sistema.

Drugi potproblem optimalnog angažovanja agregata odnosi se na ekonomičnu raspodjelu opterećenja na agregate koji se već nalaze u pogonu - ekonomski dispečing. Problem ekonomskog dispečinga je izuzutno složen zbog same prirode problema i velikog broja podataka kojima se opisuje i modeluje EES. Uvođenjem određenih aproksimacija i korištenjem adekvatnih matematičkih modela elemenata EES, postiže se efikasnost matematičkih metoda u tehnikama programiranja, sa ciljem pronalaženja optimalnog rješenja.

U ovome radu razvijen je model rješavanja ekonomskog dispečinga primjenom iterativne gradijentne metode sa uvažavanjem ograničenja dozvoljenog opsega rada agregata. Mrežni gubici su zanemareni.

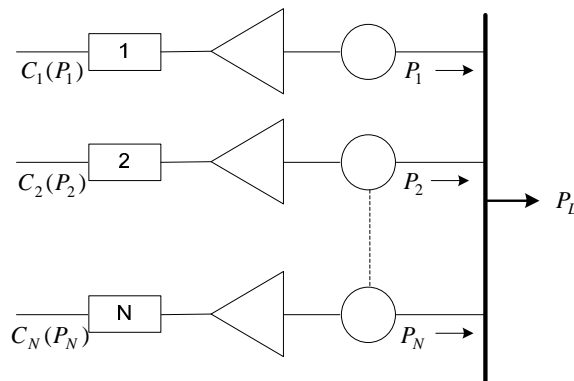
2. OPTIMIZACIONI MODEL EKONOMSKOG DISPEČINGA

Slika 1. prikazuje konfiguraciju EES za koji se rješava problem ekonomskog dispečinga. Posmatra se jedan termoenergetski sistem sa koncentrisanom proizvodnjom i potrošnjom, odnosno sistem sa N termo agregata povezanih na jedan čvor i angažovanih da pokrije potrebe potrošnje u sistemu.

Svaki termo agregat je modelovan sa pripadajućom funkcijom satnih troškova goriva $C_n(P_n)$ u zavisnosti od odote snage P_n (uz pretpostavku da su zanemareni troškovi pogona i održavanja, satni troškovi goriva jednaki su pogonskim troškovima) i dozvoljenim opsegom rada, odnosno:

$$C_n(P_n) = a_n + b_n P_n + c_n P_n^2 \quad [NJ/h] \quad (1)$$

$$P_n^{\min} \leq P_n \leq P_n^{\max} .$$



Slika 1. Sistem od N termo agregata angažovanih da pokrije opterećenje sistema P_L

Osnovni uslov u sistemu koji mora biti zadovoljen je da ukupna proizvodnja angažovanih agregata bude jednaka opterećenju sistema (uz pretpostavku da su zanemareni gubici u sistemu):

$$\sum_{n=1}^N P_n = P_L \quad [MW] \quad (2)$$

Funkcija ukupnih pogonskih troškova u sistemu jednaka je zbiru pogonskih troškova pojedinih termo agregata:

$$C_T = C_1 + C_2 + \dots + C_N = \sum_{n=1}^N C_n(P_n) \quad [NJ/h] \quad (3)$$

Funkcija ukupnih pogonskih troškova predstavlja objektivnu funkciju, odnosno funkciju cilja u matematičkoj formulaciji ekonomskog dispečinga.

Zadatak ekonomskog dispečinga je da se pronade raspodjela opterećenja između $n = 1, \dots, N$ generatora, takva da se realizuje optimum (minimum ili maksimum) objektivne funkcije, koja je u ovakvom pristupu rješavanja problema, minimum pogonskih troškova u sistemu, uz uvažavanje ograničenja dozvoljenog opsega rada svakog od agregata i održavanja ravnoteže između proizvodnje i potrošnje u sistemu, odnosno:

$$\min \{C_T(P_{T_n})\} \quad (4)$$

Ovo je optimizacioni problem sa ograničenjima tipa jednakosti i nejednakosti koji se može riješiti primjenom Lagrangeove metode, koja se sastoji u sljedećem:

Neka je $C_T(x)$ skalarna funkcija od vektorskog argumenta, koju treba minimizovati, uz pretpostavku da je konveksna, jer samo tada ima globalni minimum.

Potrebni i dovoljni uslovi za $\min \{C_T(x)\}$ dobijaju se na sljedeći način:

1. Uvodi se nova funkcija $H(x)$ takva da je $H(x) = 0$. Formiranjem ove funkcije preslikava se uslov jednakosti proizvodnje i potrošnje u sistemu (2).
2. Uvodi se pretpostavka da postoji pozitivna konstanta λ , koja se u literaturi naziva Lagrangeov multiplikator, takva da se minimum (4) ostvaruje pri uslovu:

$$\frac{d}{dx}[C_T(x^*) + \lambda H(x^*)] = 0 \quad (5)$$

gdje je:

x^* - vrijednost vektora x pri kojoj se ima $\min \{C_T(x)\}$,

$L = C_T(x^*) + \lambda H(x^*)$ - proširena Lagrangeova funkcija.

U matematičkom smislu, problem minimizacije troškova u sistemu, svodi se na određivanje vrijednosti promjenljivih vektora $x = x^*$ pri kojima skalarna funkcija $C_T(x)$ dostiže minimum uz zadovoljenje postavljenih uslova u sistemu.

U slučaju razmatrane optimizacije termoenergetskog sistema imamo da je:

$$x = P_{T_n}$$

$$C_T(x) = C_T(P_{T_n}) \quad (6)$$

$$H(x) = \left(P_L - \sum_{n=1}^N P_n \right).$$

U skladu sa (5) i (6) proširena Lagrangeova funkcija glasi:

$$L = C_T(x) + \lambda H(x) = C_T(P_{T_n}) + \lambda \left(P_L - \sum_{n=1}^N P_n \right) \quad (7)$$

Uslov minimuma funkcije $C_T(P_{T_n})$ se određuje iz uslova (5), odakle za (6) i (7) slijedi:

$$\frac{\partial L}{\partial P_n} = \frac{dC_n(P_n)}{dP_n} - \lambda = 0 \quad [NJ / MWh]; \quad n = 1, \dots, N \quad (8)$$

Iz navedenog slijedi osnovni kriterijum ekonomične raspodjele opterećenja među angažovanim termo agregatima:

$$\lambda = \frac{dC_1(P_1)}{dP_1} = \frac{dC_2(P_2)}{dP_2} = \dots = \frac{dC_N(P_N)}{dP_N} \quad (9)$$

Sumirajući prethodno, dobijamo sistem jednačina (10), koji treba riješiti da bi se pronašla optimalna raspodjela opterećenja posmatranog sistema:

$$\begin{aligned} \frac{dC_n(P_n)}{dP_n} &= \lambda && N \text{ jednakosti} \\ P_n^{\min} \leq P_n \leq P_n^{\max} &&& 2N \text{ nejednakosti} \\ \sum_{n=1}^N P_n &= P_L && 1 \text{ uslov} \end{aligned} \quad (10)$$

Uvažavajući ograničenja tipa nejednakosti koja se odnose na dozvoljeni opseg rada agregata, dobijamo sljedeće uslove:

$$\begin{aligned} \frac{dC_n(P_n)}{dP_n} &= \lambda && \text{za } P_n^{\min} \leq P_n \leq P_n^{\max} \\ \frac{dC_n(P_n)}{dP_n} &\leq \lambda && \text{za } P_n = P_n^{\max} \\ \frac{dC_n(P_n)}{dP_n} &\geq \lambda && \text{za } P_n = P_n^{\min} \end{aligned} \quad (11)$$

Uslovi i ograničenja dati izrazima (10) i (11) predstavljaju optimizacioni model ekonomskog dispečinga bez uvažavanja gubitaka u sistemu.

Prema metodologiji raspodjele snage po kriterijumu ekonomskog dispečinga, najmanji pogonski troškovi se dobiju kada termoelektrane rade sa snagom koja rezultuje jednakim vrijednostima diferencijalnih priraštaja pogonskih troškova λ za sve termoelektrane.

3. RJEŠAVANJE MODELA EKONOMSKOG DISPEČINGA PRIMJENOM GRADIJENTNE METODE PRVOG REDA

Za rješavanje matematičkog modela ekonomskog dispečinga primijenjena je gradijentna metoda prvog reda. Gradijentna metoda zasniva se na razvoju funkcije u Taylor-ov red. Razvojem funkcije cilja u Taylor-ov red pokazuje se da je najveća vrijednost funkcije u pravcu gradijenta. Poređenje vrijednosti funkcije cilja u prethodnoj i trenutnoj tački, omogućuje izbor pravca dalje promjene nezavisnih parametara.

Za ilustraciju gradijentne metode uvrstimo funkciju troškova goriva oblika (1) u uslov jednakosti diferencijalnih priraštaja pogonskih troškova (10):

$$\lambda = \frac{dC_n(P_n)}{dP_n} = b_n + 2c_n P_n \rightarrow P_n = \frac{\lambda - b_n}{2c_n}. \quad (12)$$

Izraz (12) zapišimo u sljedećem obliku:

$$f(\lambda) = \sum_{n=1}^N \frac{\lambda - b_n}{2c_n} = P_L \quad (13)$$

Razvojem funkcije (13) u Taylor-ov red u okolini tačke $\lambda^{(k)}$, zanemarujući sve članove drugog i višeg reda dobijamo:

$$f(\lambda)^{(k)} + \left(\frac{df(\lambda)}{d\lambda} \right)^{(k)} \Delta\lambda^{(k)} = P_L \quad (14)$$

odakle je:

$$\Delta\lambda^{(k)} = \frac{P_L - f(\lambda)^{(k)}}{\left(\frac{df(\lambda)}{d\lambda} \right)^{(k)}} = \frac{P_L - \sum_{n=1}^N P_n^{(k)}}{\left(\frac{df(\lambda)}{d\lambda} \right)^{(k)}} = \frac{\Delta P^{(k)}}{\left(\frac{df(\lambda)}{d\lambda} \right)^{(k)}} = \frac{\Delta P^{(k)}}{\sum \left(\frac{dP_n}{d\lambda} \right)^{(k)}} = \frac{\Delta P^{(k)}}{\sum \frac{1}{2c_n}} \quad (15)$$

Odredivši $\Delta\lambda^{(k)}$, λ se koriguje prema relaciji (16):

$$\lambda^{(k+1)} = \lambda^{(k)} + \Delta\lambda^{(k)} \quad (16)$$

Iterativni postupak se nastavlja sve dok je $\Delta P^{(k)}$ veće od unaprijed definisanog kriterijuma tačnosti ili kada broj iteracija prekorači maksimalno zadatu vrijednost. Takođe se pretpostavlja početna vrijednost $\lambda^{(1)}$, sa kojom se startuje iterativni postupak. Koraci u iterativnom postupku su sljedeći:

1.korak: Pretpostavi se početna vrijednost za lambda, $\lambda^{(1)}$.

2.korak: Za izabranu vrijednost $\lambda^{(1)}$ izračunaju se snage svih agregata u prvoj iteraciji preko relacije $P_n^{(1)} = \frac{\lambda^{(1)} - b_n}{2c_n}$.

3.korak: Vršiti se provjera da li je suma snaga agregata jednaka opterećenju u sistemu korištenjem relacije: $\Delta P^{(1)} = P_L - \sum_{n=1}^N P_n^{(1)}$. Ako je ova razlika manja od specificirane

tačnosti, prelazi se na 4. korak. Ako razlika ne zadovoljava kriterijum tačnosti, postupak se nastavlja prelaskom na 5.korak.

4.korak: Provjerava se da li su izračunate snage agregata unutar granica dozvoljenog opsega rada. Ako su u dozvoljenim granicama, pronađeno je rješenje i proračun se zaustavlja. Ako je na nekom od agregata prekoračeno ograničenje, njegova snaga se u daljem proračunu fiksira na P^{\min} ili P^{\max} , zavisno od toga koje je ograničenje narušeno, dok u daljoj raspodjeli opterećenja učestvuju agregati čiji limiti snage nisu prekoračeni i prelazi se na 5. korak.

5.korak: Računa se promjena lambda prema izrazu: $\Delta\lambda^{(1)} = \frac{\Delta P^{(1)}}{\sum \frac{1}{2c_n}}$ i proračunava

vrijednost lambda u drugoj iteraciji: $\lambda^{(2)} = \lambda^{(1)} + \Delta\lambda^{(1)}$ i vraća se na 2. korak.

Proces se ponavlja sve dok se ne zadovolji specificirana tačnost odnosno kada 3. korak pokaže konvergenciju.

4. IMPLEMENTACIJA MODELA EKONOMSKOG DISPEČINGA NA TERMOELEKTRANE U EES REPUBLIKE SRPSKE

Električna energija u Republici Srpskoj proizvodi se u termo i hidroelektranama. Elektroprivrednu djelatnost u Republici Srpskoj obavlja Mješoviti Holding «Elektroprivreda» Republike Srpske Trebinje - Matično preduzeće a.d. Trebinje (u daljem tekstu: MH ERS). MH ERS zadužen je za organizaciju proizvodnje i distribucije električne energije na području Republike Srpske. U svom sastavu ima pet povezanih preduzeća za proizvodnju električne energije, pet preduzeća za distribuciju električne energije i istraživačko razvojni centar energetike. U svakodnevnom radu MH ERS planira i upravlja proizvodnjom, prognozira potrošnju električne energije Republike Srpske, satno izravnavava sopstveni bilans električne energije, planira i obezbjeđuje rezervu u sistemu, realizuje prodaju planiranih viškova električne energije, s ciljem postizanja što boljih finansijskih efekata za elektroenergetski sektor.

Proizvodnju električne energije u Republici Srpskoj obavljaju:

- HE na Trebišnjici a.d. Trebinje,
- HE na Drini a.d. Višegrad,
- HE na Vrbasu a.d. Mrkonjić Grad,
- Rudnik i Termoelektrana Gacko a.d. Gacko,
- Rudnik i Termoelektrana Ugljevik a.d. Ugljevik.

Udio termo kapaciteta u ukupnim proizvodnim kapacitetima Republike Srpske iznosi 45%².

² U proizvodne hidro kapacitete MH ERS nije uračunat agregat 1 (105MW) u HE Dubrovnik koji radi za Hrvatsku elektroprivredu i PHE Čapljina (2X210MW) koja je u sastavu Elektroprivrede HZHB Mostar. Navedeni agregati koriste vode rijeke Trebišnjice sa uzvodnih elektrana HET1 i HET2 odnosno njihovih akumulacija. Odnosi između HE na Trebišnjici i HE Dubrovnik i PHE Čapljina, u smislu raspodjele električne energije, trenutno nisu riješeni.

Kao ilustracija problema optimalne raspodjele opterećenja među angažovanim termoelekttranama primjenom gradijentne metode, dat je prikaz proračuna ekonomskog dispečinga za termoelekttrane u Republici Srpskoj.

4.1 KARAKTERISTIKE TERMOELEKTRANA U REPUBLICI SRPSKOJ

Tehničke karakteristike TE Gacko i TE Ugljevik navedene su u tabeli I.

Za potrebe proračuna optimalne raspodjele opterećenja između agregata u TE Gacko i TE Ugljevik, isti su modelovani sa funkcijama satnih troškova goriva $C_n(P_n)$ u zavisnosti od odate snage na pragu P_n .

Na slikama 2. i 3. predstavljene su karakteristike specifične potrošnje toplote d_T [MJ / MWh] i potrošnje toplote D [MJ / h] za TE Gacko i TE Ugljevik.

Tabela I: Tehničke karakteristike termoelekttrana u Elektroprivredi Republike Srpske

Naziv objekta	Gen.	P _{inst gen.} MW	P _{inst prag} MW	P _{min} MW	P _{max} MW	Ugalj	To pl. vr. goriva MJ/t	Spec. cijena goriva €/t	Odnos c ₁ /q €/MJ
TE Gacko	G1	300	276	150	255	Li gnit	8655	13,69	0,00159
TE Ugljevik	G1	300	279	155	262	M rki	10762	17,107	0,00159

Na osnovu karakteristika potrošnje toplote izvedene su krive satnih troškova goriva u zavisnosti od odate snage na pragu za TE Gacko i TE Ugljevik, preko sljedeće relacije:

$$C(P_n) = D(P_n) \frac{c_1}{q} \quad (17)$$

gdje je:

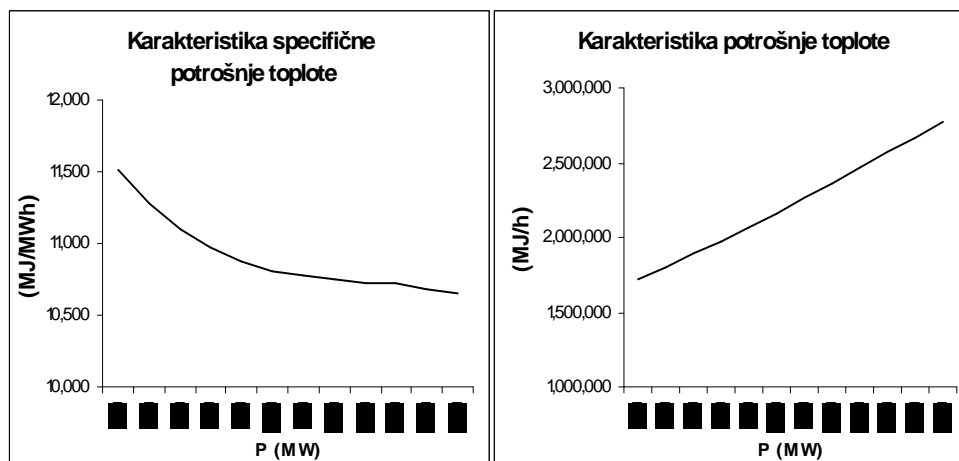
$C(P_n)$ - satni troškovi goriva u [€/h]

$D(P_n)$ - satna potrošnja toplote u [MJ/h]

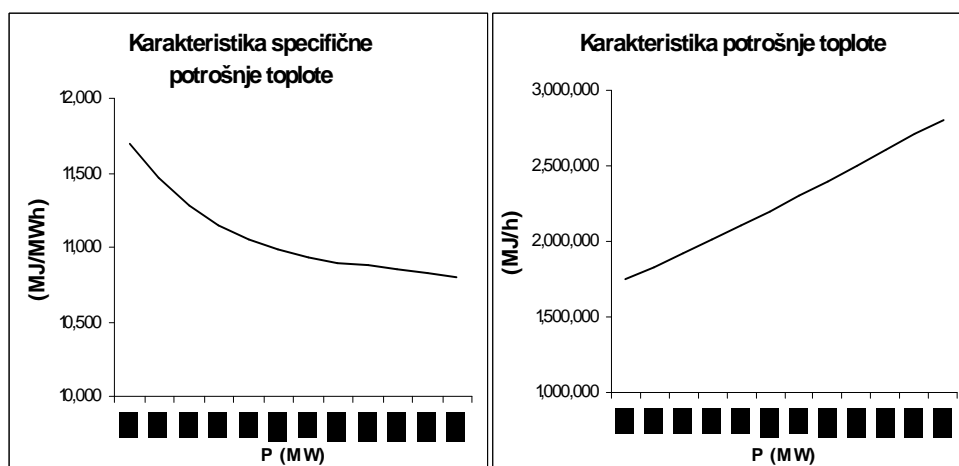
c_1 - specifična cijena goriva u [€/t]

q - toplotna vrijednost goriva u [MJ/t]

$\frac{c_1}{q}$ - faktor konverzije satne potrošnje toplote u satne troškove goriva u [€/MJ].



Slika 2. Krive specifične potrošnje toplote i potrošnje toplote za TE Gacko



Slika 3. Krive specifične potrošnje toplote i potrošnje toplote za TE Ugljevik

Funkcije satnih troškova goriva za TE Gacko i TE Ugljevik glase:

$$\text{TE Gacko: } C_1(P_1) = 1271,147 + 6,39419P_1 + 0,02186P_1^2 \quad [€/h] \quad (18)$$

$$\text{TE Ugljevik: } C_2(P_2) = 1177,530 + 7,96033P_2 + 0,018165P_2^2 \quad [€/h]$$

Dozvoljeni opseg rada agregata je:

$$\text{TE Gacko: } 150 \text{ MW} \leq P_1 \leq 255 \text{ MW}$$

(19)

$$\text{TE Ugljevik: } 155 \text{ MW} \leq P_2 \leq 262 \text{ MW}$$

4.2 REZULTATI PRORAČUNA

Korištenjem programa za proračun ekonomskog dispečinga primjenom gradijentne metode urađenog u Matlab-u, analizirana je optimalna raspodjela snage između TE Gacko i TE Ugljevik pod pretpostavkom da EES Republike Srpske zahtijeva njihovo angažovanje u granicama od 350 do 515 MW.

Tok proračuna je dat za slučaj kada je opterećenje u sistemu $P_L = 400 \text{ MW}$, a analogno slijedi za ostale vrijednosti. Zadati kriterijum tačnosti je $\varepsilon = 0,0001$, a maksimalan broj iteracija je ograničen na $k = 100$.

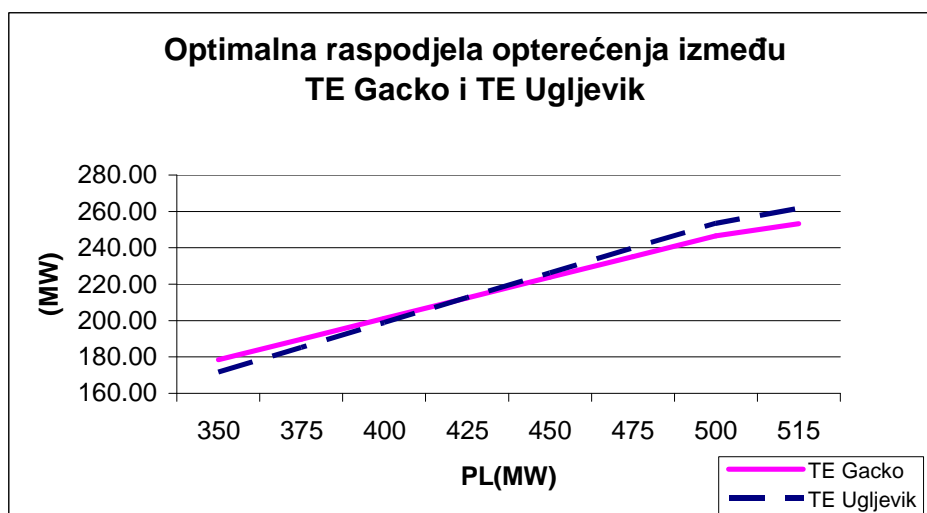
1. Startuje se sa početnim pogađanjem $\lambda^{(1)} = 10 \text{ [€/MWh]}$.
2. Izračunate snage agregata u prvoj iteraciji su $P_1^{(1)} = 82,475 \text{ MW}$ i $P_2^{(1)} = 56,143 \text{ MW}$.
3. Odstupanje dobijenih snaga agregata od opterećenja u sistemu je $\Delta P^{(1)} = P_L - (P_1^{(1)} + P_2^{(1)}) = 261,382 \text{ MW}$, što ne zadovoljava definisani kriterijum tačnosti.
4. Promjena lambda je $\Delta \lambda^{(1)} = \frac{\Delta P^{(1)}}{\frac{1}{2c_1} + \frac{1}{2c_2}} = 5,18632 \text{ [€/MWh]}$, odakle slijedi nova vrijednost $\lambda^{(2)} = \lambda^{(1)} + \Delta \lambda^{(1)} = 15,18632$ sa kojom startuje druga iteracija.
5. Izračunate snage agregata u drugoj iteraciji su $P_1^{(2)} = 201,101 \text{ MW}$ i $P_2^{(2)} = 198,898 \text{ MW}$.
6. Odstupanje je $\Delta P^{(2)} = 5,68 \cdot 10^{-14} < 0,0001$, što zadovoljava kriterijum tačnosti.
7. Snage agregata dobijene u drugoj iteraciji su u granicama dozvoljenog opsega rada i proces se zaustavlja jer je pronađeno optimalno rješenje.
8. Satni troškovi goriva iznose $C_1(P_1) = 3441,08 \text{ [€/h]}$, $C_2(P_2) = 3479,45 \text{ [€/h]}$ i ukupni troškovi $C_{ukupno} = 6920,53 \text{ [€/h]}$.

U tabeli II prikazani su rezultati proračuna ekonomskog dispečinga za slučaj kada EES Republike Srpske zahtijeva angažovanje termoelektrana u granicama od 350 do 515 MW.

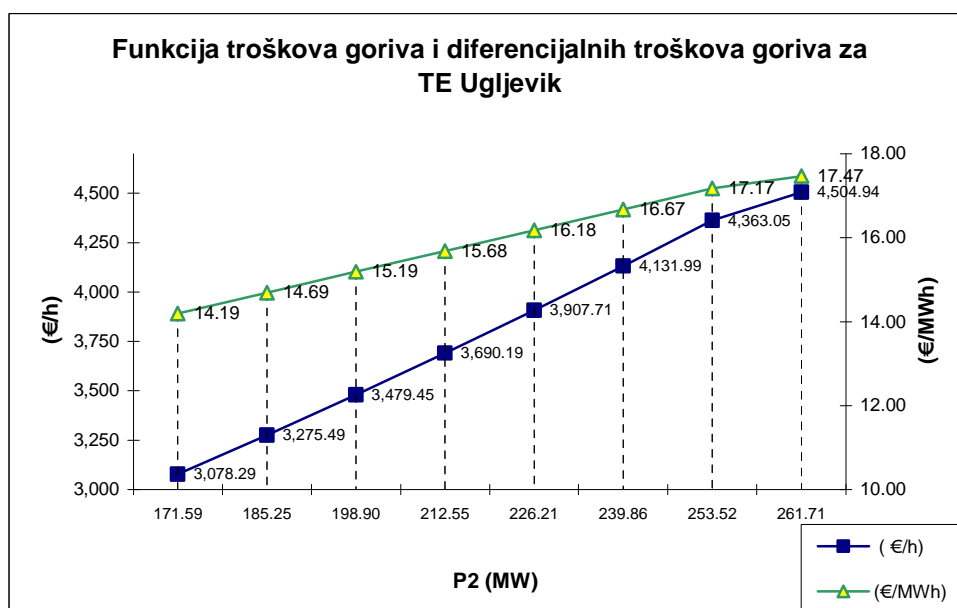
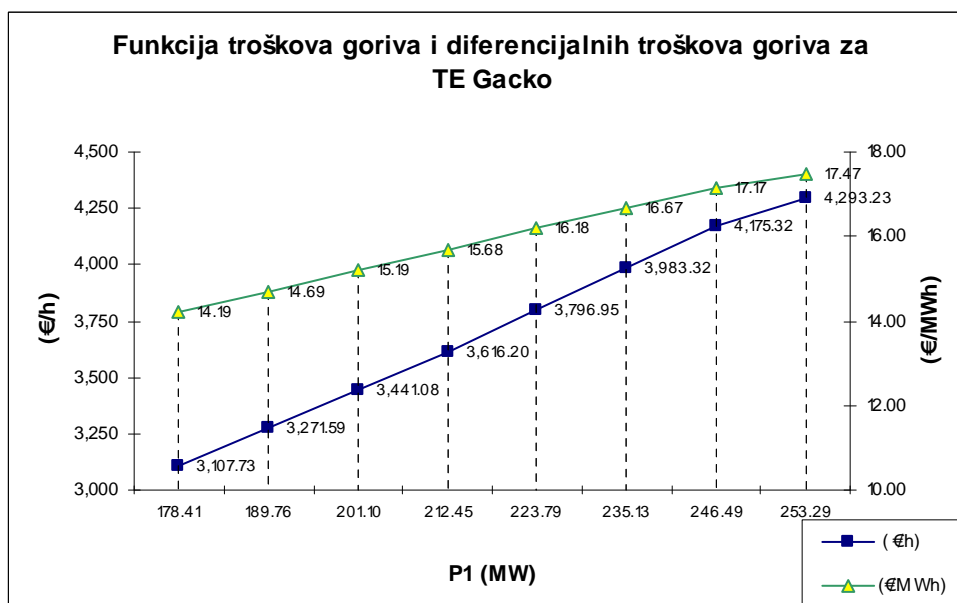
Tabela II. Rezultati proračuna ekonomskog dispečinga za TE Gacko i TE ugljevik

Opterećenje u sistemu P_L (MW)	P1 (MW)	P2 (MW)	λ (€/MWh)	C_1 (€/h)	C_2 (€/h)	C_{ukupno} (€/h)	broj iteracija
350	178.41	171.59	14.19	3.107.73	3.078.29	6,186.02	2
375	189.76	185.25	14.69	3.271.59	3.275.49	6,547.08	2
400	201.10	198.90	15.19	3.441.08	3.479.45	6,920.53	2
425	212.45	212.55	15.68	3.616.20	3.690.19	7,306.39	2
450	223.79	226.21	16.18	3.796.95	3.907.71	7,704.66	2
475	235.13	239.86	16.67	3.983.32	4.131.99	8,115.31	3
500	246.49	253.52	17.17	4.175.32	4.363.05	8,538.37	3
515	253.29	261.71	17.47	4.293.23	4.504.94	8,798.17	3

Na slici 4. grafički je prikazana raspodjela snage među termoelektranama za promjenu potrošnje u sistemu od 350 do 515 MW.



Slika 4. Grafički prikaz optimalne raspodjele opterećenja između TE Gacko i TE Ugljevik



Slika 5. Funkcije troškova goriva i diferencijalnih priraštaja troškova goriva u zavisnosti od optimalno angažovanih snaga u TE Gacko i TE Ugljevik

Na slici 5. prikazane su krive satnih troškova goriva i diferencijalnih priraštaja troškova goriva za optimalno angažovane snage u TE Gacko i TE Ugljevik radi pokrivanja opterećenja u sistemu.

Iz rezultata proračuna, datih tabelarno i dijagramima, očigledno je da za vrijednosti opterećenja u sistemu od 350 do 423,5 MW, najmanji pogonski troškovi se imaju kada TE Gacko radi sa većom snagom od TE Ugljevik.

Za vrijednost opterećenja 423,5 MW (ova vrijednost nije prikazana u proračunu), angažovane snage obje elektrane su jednake i iznose $P_1 = P_2 = 211,75 MW$, što znači da do te vrijednosti opterećenja u sistemu imamo veće angažovanje TE Gacko.

Za vrijednosti opterećenja u sistemu veće od 423,5 MW, uočljiva je promjena uloga TE Gacko i TE Ugljevik. Najmanji troškovi goriva u daljem proračunu se imaju kada je angažovana snaga TE Gacko manja od snage TE Ugljevik.

5. ZAKLJUČAK

Zbog velikih troškova koje termoelektrane imaju u poređenju sa proizvodnjom hidroelektrana, problematici optimizacije proizvodnje primjenom kriterijuma ekonomskog dispečinga mora se posvetiti naročita pažnja. Na smanjenje troškova u termoelektranama, osim racionalizacijom rada na nivou sistema primjenom ekonomskog dispečinga, moguće je uticati unapređenjem tehnološkog procesa, adekvatnim sistemom održavanja, blagovremenim rekonstrukcijama i zahvatima koje sistem zahtijeva i sl.

U ovome radu data je postavka i rješenje problema ekonomskog dispečinga, kao jednog veoma važnog segmenta u EES sa značajnim udjelom termoelektrana. Značaj ekonomskog dispečinga ogleda se u ekonomičnosti i efikasnosti korištenja proizvodnih termo kapaciteta, sa ciljem što manjih pogonskih troškova.

Proračun ekonomskog dispečinga zahtijeva što tačnije matematičke modele elemenata EES i prilično složen matematički aparat. Primijenjena gradijentna metoda prvog reda omogućuje univerzalan pristup rješenju, bez obzira na broj i karakteristike termoelektrana u sistemu. S obzirom da su u prethodnim proračunima zanemareni gubici u prenosnoj mreži, izvjesno je da je unešena greška u konačna rješenja. Sa druge strane, proračun je jednostavniji i brže se dolazi do rješenja, što je značajna prednost, naročito u rješavanju ekonomskog dispečinga u realnom vremenu.

U radu je data ilustracija ekonomskog dispečinga na primjeru TE Gacko i TE Ugljevik u EES Republike Srpske.

S obzirom na specifičnosti EES Republike Srpske, posebna pažnja mora se posvetiti problemu hidro-termo koordinacije, što je predmet budućeg naučno istraživačkog rada autora.

LITERATURA

- [1] Allen J. Wood, Bruce F. Wollenberg: "Power Generation, Operation and Control", Power Technologies, Inc. and Rensselaer Polytechnic Institute Troy, New York.
- [2] Milan S. Čalović, Andrija T. Sarić, Predrag Č. Stefanov: "Eksploatacija elektroenergetskih sistema u uslovima slobodnog tržišta", Beograd, 2005.godine.
- [3] Ilija Vujošević: "Analiza elektroenergetskih sistema I", ETF Podgorica, 2006.godine.

- [4] Milan S. Čalović, Andrija T. Sarić., Predrag Č. Stefanov: "Zbirka rešenih zadataka iz eksploatacije elektroenergetskih sistema", Drugo prošireno izdanje, Akademska misao, Beograd, 2005.godine.
- [5] Daniel Kirschen, Goran Strbac: "Fundamentals of Power System Economics", Institute of Science and Technology (UMIST), UK.
- [6] Hrvoje Požar: "Snaga i energija u elektroenergetskim sistemima", Beograd, 1966. godine.
- [7] "Ostvarenje elektroenergetskog bilansa Republike Srpske za 2007. godinu", MH ERS, Trebinje, 2008. godine.