

Šiluminio energetinio bloko naudingumo koeficiento įvertinimas, jam dirbant dažnio ir galios reguliavimo sistemoje

Virginijus Radziukynas,

Antanas Nemura

Lietuvos energetikos institutas,
Sistemų valdymo ir automatizavimo
laboratorija, Breslaujos g. 3,
LT-44403 Kaunas
El. paštas: virginijus@mail.lei.lt

Ateityje Lietuvos elektros energetikos sistema turės dalyvauti pirmiame ir antriniame automatiname dažnio ir galios reguliavime. Atliekant antrinį reguliavimą, kuriame dalyvauja šiluminės elektrinės, patiriama papildomų nuostolių, kurie susiję su nestacionariu elektrinės įrengimų darbu. Straipsnyje pateikiama metodika, leidžianti įvertinti šiluminės elektrinės (300 MW agregato) energetinio bloko naudingumo koeficiento priklausomybę nuo jo apkrovos kitimo amplitudės ir dažnio, dirbant reguliavimo režimu. Šis uždavinys buvo sprendžiamas spektrinės analizės priemonėmis.

Raktažodžiai: elektros energetikos sistema, energetinis blokas, naudingumo koeficientas, spektrinė analizė

1. ĮVADAS

Iki šiol elektros srovės dažnio palaikymo elektros tinkle uždavinį sprendė Rusijos elektros energetikos sistema (EES), panaudodama tam Volgos kaskado hidroelektrines. Tačiau ateityje elektros srovės dažnio problemas teks spręsti Lietuvai kartu su Estija ir Latvija.

Sprendžiant dažnio automatinio reguliavimo uždavinį bus naudojami ir šiluminių elektrinių valdomi energetiniai blokai. Kadangi iki šiol pagrindinis dažnio reguliavimo krūvis atitekdavo Rusijos EES, todėl dažnio reguliavimo kaštų įvertinimo klausimai Lietuvos EES nebuvo nagrinėjami. Norint į dažnio reguliavimą įtraukti šiluminių elektrinių valdomus energetinius blokus, reikia įvertinti reguliavimo kaštus. Dėl šios priežasties reikia atsakyti į šiuos klausimus:

- Kaip kinta energetinio bloko **naudingumo koeficientas** (n. k.) η , atsižvelgiant į du pagrindinius energetinio bloko reguliavimo režimo parametrus: generuojančio energetinio agregato galios kitimo amplitudę ir kitimo periodą (dažnį), atsirandančius dėl EES automatinio dažnio reguliavimo įrenginių darbo nuolatos besikeičiančiu režimu?

- Kokią įtaką energetinio bloko darbo ilgaamžiškumui turi jo dalyvavimas dažnio ir galių srautų reguliavimo procese?

- Koks turėtų būti įkainis už elektros sistemos dažnio reguliavimą, atsižvelgiant į ankstesnius punktus ir į nuostolius, jei toks reguliavimas nebūtų vykdomas Lietuvoje?

Šiame straipsnyje bandysime atsakyti į pirmą klausimą. Kadangi atlikti eksperimentus su šilumine elektrine nebuvo galimybių, tai remsimės jau atliktais darbais [1, 2]. Įvertinus tai, kad šiuo metu nėra surasta metodikos, leidžiančios įvertinti šiluminio energetinio bloko naudingumo koeficientą, blokui dirbant dažnio ir galios reguliavimo sistemoje, siūloma šį uždavinį spręsti spektrinės analizės priemonėmis.

2. EKSPERIMENTO METODIKA

Straipsnyje [2] nagrinėjama 300 MW galingumo energetinio bloko su būgniniu garo katilu, dirbančio dažnio ir galios reguliavimo režimu, naudingumo koeficiento priklausomybė nuo reguliavimo režimo parametrų: generuojamos galios harmoninio kitimo amplitudės ir periodo. Atlikti specialūs eksperimentai, kurių metu buvo nustatyta agregato n. k. η priklausomybė nuo trikdžių, ateinančių į agregatą iš sisteminės automatikos įrenginių, harmoninių (sinusinių) svyravimų amplitudės ir periodo.

Eksperimento metu energetinis blokas be perstojo dirbo 9 paras. Visi bandymai buvo atliekami paeiliui. Buvo padaryta prielaida, kad sisteminė n. k. η nustatymo paklaida nesikeičia per parą. Todėl kiekvienas eksperimentas buvo atliekamas vienos paros laikotarpiu, o pagal eksperimento metu gautus matavimų duomenis buvo apskaičiuojamas n. k. η statiniu ir reguliavimo režimu. Kiekvieno režimo trukmė buvo priimta kuo ilgesnė (8 val.). Atsitiktinei paklaidai sumažinti buvo imtasi papildomų priemonių. Pirmą, energetinio bloko n. k. η matavimai buvo atliekami visam energetiniam blokui, neskirstant n. k. η į turbinos ir generatoriaus. Antra, tiriamas energetinis blokas buvo atskirtas nuo kitų šiluminės elektrinės blokų pagal visus ryšius. Trečia, išorinių sąlygų – lauko temperatūros, vėsinimo vandens temperatūros pokytis buvo įvertintas pagal atitinkamas pataisas.

Pereinamojo režimo (nuo statinio prie reguliavimo ir atvirkščiai) įtakos rezultatams sumažinti režimas buvo keičiamas šuoliškai, pereinamiesiems procesams užgesti buvo skiriamos 3–4 valandos.

Eksperimentinis tyrimas buvo atliktas su 200 ir 300 MW energetiniais blokais. Atsižvelgiant į tai, kad reguliavimo režimas yra negalimas, kai galios kitimo amplitudė $A = 0$ ir periodas $T = \infty$, buvo priimta $A = 5, 10$ ir 15 MW, o $T = 2, 10$ ir 18 min.,

kaip parodyta 1–9 bandymų aprašyme. Įrenginių patikimumo ir saugaus darbo kriterijai – tai veiksniai, dėl kurių A yra ribojama iš viršaus, t. y. $A_{\max} = 15$ MW, o $T_{\min} = 2$ min. – iš apačios. Buvo atlikti 9 eksperimentai, kurių kiekvienas tęsėsi po 1 dieną.

Bandymo Nr.	Reguliavimo režimas
1.	$A = 5$ MW; $T = 18$ min.;
2.	$A = 5$ MW; $T = 2$ min.;
3.	$A = 10$ MW; $T = 18$ min.;
4.	$A = 5$ MW; $T = 10$ min.;
5.	$A = 15$ MW; $T = 18$ min.;
6.	$A = 10$ MW; $T = 2$ min.;
7.	$A = 15$ MW; $T = 10$ min.;
8.	$A = 10$ MW; $T = 10$ min.;
9.	$A = 15$ MW; $T = 2$ min.

Energetinio bloko reguliavimo darbo režimas sudaromas automatiškai pagal sinusinį dėsnį keičiant turboagregato galios regulatoriaus nustatymą.

Reguliavimo režimas būdavo įjungiamas nuo 5 iki 8 val., t. y. 3 valandos buvo skiriamos reguliavimo režimui nusistovėti. Reguliavimo režimo parametrai buvo registruojami kas valandą nuo 8 iki 16 valandos.

Pagrindiniai parametrai, naudoti n. k. η apskaičiavimams, buvo: gamtinių dujų sunaudojimo kiekis garo generatoriuje, gamtinių dujų temperatūra, reikalinga dujų sunaudojimo kiekio pataisai įvesti dėl pasikeitusios dujų temperatūros, pagamintos elektros energijos kiekis ir elektros energijos kiekis, reikalingas savosioms reikmėms.

Dujų sunaudojimo ir elektros energijos skaitiklių rodmenų registracija buvo vykdoma sinchroniškai 1 s tikslumu.

Po darbo reguliavimo režimo sinusinių svyravimų generatorius būdavo atjungiamas, ir nuo 16 iki 20 val. energetinis blokas dirbdavo statiniu režimu, kol nusistovėdavo parametrai. Nuo 20 iki 5 val. būdavo atliekamas statinio režimo, panašiai kaip reguliavimo režimo, dydžių registravimas ir n. k. η apskaičiavimas.

Vidutinė n. k. $\bar{\eta}_u$ apskaičiuojama kaip tiriamojo eksperimento valandinių n. k. η_{ui} reikšmių vidurkis tiek statiniam, tiek reguliavimo režimui, kurių $T = 2$ min.

$$\bar{\eta}_u = \sum_{i=1}^n \eta_{ui} / n_u; \quad (1)$$

čia η_{ui} – energetinio bloko valandinės n. k. η reikšmės,

n_u – energetinio bloko darbo valandų skaičius konkrečiame bandyme.

Valandinės energetinio bloko n. k. η reikšmės apskaičiuojamos pagal išraišką:

$$\eta_{ui} = \frac{k \left[\int_0^{\tau} N_{ui} d\tau - \sum_j \left(\int_0^{\tau} N_{c.hui} d\tau \right)_j + N_{ui} \tau \right]}{\int_0^{\tau} B_{ui} d\tau}; \quad (2)$$

čia $k = 3600$ dž/KWh – pervedimo iš elektros energijos į šiluminę koeficientas,

τ – laiko atkarpa, kurioje apskaičiuojamas η ,

$\int_0^{\tau} N_{ui} d\tau$ – pagamintos elektros energijos kiekis,

$\sum_j \left(\int_0^{\tau} N_{c.hui} d\tau \right)_j$ – elektros energijos kiekis, skirtas savo-

sioms reikmėms,

$\int_0^{\tau} B_{ui} d\tau$ – sunaudotos šilumos kiekis, apskaičiuotas atsižvel-

giant į pataisus dėl išorinių energetinio bloko darbo sąlygų pokyčio,

j – energetinio bloko elektros energijos, skirtos savosioms reikmėms, vartotojai,

$\Delta N_{ui} \tau$ – galios pataisa, skirta vakuumo sąlygų pokyčiui įvertinti.

Kai periodas $T = 10$ arba 18 min., pereinamųjų procesų dinamikos įtakai panaikinti, skaičiuojant valandines η_{ui} reikšmes $\bar{\eta}_u$, skaičiavimai atliekami naudojant šią išraišką:

$$\bar{\eta}_u = \frac{k \sum_{i=1}^n \left[\int_0^{\tau} N_{ui} d\tau - \sum_j \left(\int_0^{\tau} N_{c.hui} d\tau \right)_j + N_{ui} \tau \right]}{\sum_{i=1}^n \left(\int_0^{\tau} B_{ui} d\tau \right)_i}. \quad (3)$$

Pataisus dėl išorinių faktorių naudojamos tam, kad būtų galima palyginti tarpusavyje visus gautus rezultatus prie bendromis, bazinėmis sąlygomis.

Šilumos suvartojimo blokui valandinės reikšmės apskaičiuojamos pagal formulę:

$$B_{ui} = G_{ui} \Delta \rho \Delta t_{ui} Q_H^p; \quad (4)$$

čia G_{ui} – dujų suvartojimo valandinės reikšmės,

$\Delta \rho$ – dujų tankio pataisa,

Δt_{ui} – konkrečios valandos dujų temperatūros pataisa,

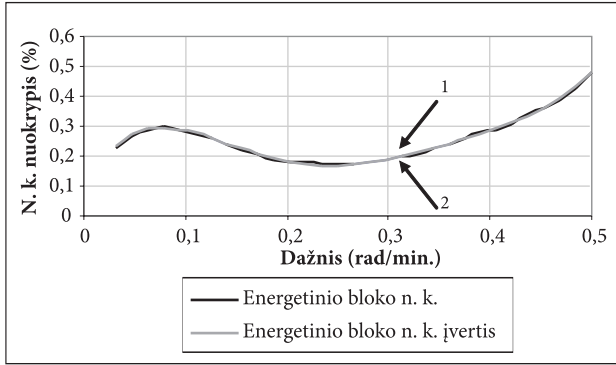
Q_H^p – dujų degimo temperatūra.

Energetinio bloko režimo modeliavimo rezultatai rodo, kad režimo parametrų amplitudės dažninės charakteristikos yra daugiaekstremalinės. Kadangi energetinio bloko n. k. η kitimui tiesioginę įtaką turi n. k. parametrų kitimas, tai n. k. ir parametrų (vandens, dujų sunaudojimo) amplitudinės–dažninės charakteristikos turi būti panašios formos.

Remiantis n. k. η parametrų, pavyzdžiui, dujų suvartojimo, amplitudinėmis–dažninėmis charakteristikomis ir eksperimentiniais n. k. η taškais, straipsnyje [1] pateiktas 200 MW energetinio bloko orientacinis n. k. pokyčio $\Delta \eta$ amplitudinės–dažninės charakteristikos vaizdas, parodantis charakteristikos daugiaekstremališkumą. Straipsnyje [2] pateikiama 300 MW energetinio bloko n. k. pokyčio $\Delta \eta$ grafinė priklausomybė nuo dažnio $\omega_m = 1/T$, T išreikštas minutėmis, ir nuo harmoninio kitimo amplitudės A . 1 paveiksle parodytas 300 MW energetinio bloko $\Delta \eta$ priklausomybės nuo $\omega_m = 1/T$ grafikas, kai $A = 10$ MW, t. y. 3,3% nuo vardinės galios.

Režimo parametrų amplitudinės–dažninės charakteristikos daugiaekstremališkumą, savo ruožtu, galima paaiškinti skirtingų pagal greitaeigiškumą tarpusavyje susietų atskirų parametrų reguliavimo kontūrų egzistavimu, pvz., dujų generatoriaus kuro (dujų) sunaudojimo ir turboagregato galingumo.

Nustatant šiluminių elektrinių energetinių blokų, skirtų elektros dažniui ir galiai reguliuoti, eksploatacijos kaštus, be to,

1 pav. N. k. pokytis $\Delta\eta(\omega_m)$ ir jo įvertis

kad tokių energetinių blokų n. k. η yra mažesnis nei energetinių blokų, dirbančių stacionariu režimu, dar reikia įvertinti ir tai, jog sumažėja tokių energetinių blokų eksploatacijos patikimumo ir ilgaamžiškumo rodikliai.

3. NAUDINGUMO KOEFICIENTO ĮVERTINIMAS, DIRBANT REGULIAVIMO REŽIMU

Generuojamos galios kitimas laikui bėgant, dirbant energetiniam blokui reguliavimo režimu, yra chaotiško pobūdžio ir baigtiniame neilgame laiko intervale (pvz., 1 val.) gali būti laikomas stacionaraus atsitiktinio proceso imtimi. Todėl, norint įvertinti naudingumo koeficiento sumažėjimą dėl nuolatinio galios kitimo, galima pasinaudoti spektrinės analizės priklausomybėmis [3, 4]:

$$G_{\eta\eta}(\omega) = |H_{\eta\eta}(\omega)|^2 G_{pp}(\omega), \quad (5)$$

$$\bar{\eta} = \sqrt{\int_0^{\infty} G_{\eta\eta}(\omega) d\omega}; \quad (6)$$

čia $G_{\eta\eta}(\omega)$ – n. k. nuokrypio $\Delta\eta$ vienspusė spektrinio tankio funkcija kampinio dažnio atžvilgiu;

$$\omega = 2\pi f, f - \text{galios kitimo dažnis Hz};$$

Lentelė. N. k. nuokrypio $\Delta\eta(\omega)$ ir jo įverčio $\hat{\Delta\eta}$ skaitinės reikšmės

Eil. Nr.	ω	$\Delta\eta$	$\hat{\Delta\eta}$	Eil. Nr.	ω	$\Delta\eta$	$\hat{\Delta\eta}$
1	0,03125	0,23	0,231	17	0,28125	0,18	0,1797
2	0,046875	0,27	0,2702	18	0,296875	0,19	0,1889
3	0,0625	0,29	0,2901	19	0,3125	0,2	0,2003
4	0,078125	0,3	0,2952	20	0,328125	0,21	0,2133
5	0,09375	0,29	0,2898	21	0,34375	0,23	0,2276
6	0,109375	0,275	0,2773	22	0,359375	0,24	0,2429
7	0,125	0,26	0,2606	23	0,375	0,26	0,2589
8	0,140625	0,24	0,242	24	0,390625	0,28	0,2756
9	0,15625	0,22	0,2235	25	0,40625	0,29	0,2935
10	0,171875	0,21	0,2065	26	0,421875	0,31	0,3129
11	0,1875	0,19	0,1921	27	0,4375	0,34	0,3348
12	0,203125	0,18	0,1809	28	0,453125	0,36	0,3604
13	0,21875	0,18	0,1734	29	0,46875	0,39	0,3913
14	0,234375	0,17	0,1696	30	0,484375	0,43	0,4303
15	0,25	0,17	0,1696	31	0,5	0,48	0,4797
16	0,265625	0,17	0,1731				

$G_{pp}(\omega)$ – generuojamos galios kitimo proceso vienspusė spektrinio tankio funkcija;

$H_{\eta\eta}(\omega)$ – amplitudinė dažninė charakteristika sistemos, kurios įėjimas yra generuojamos galios kitimas $\Delta P_g(t)$, o išėjimas – n. k. nuokrypio kitimas laikui bėgant $\Delta\eta(t)$;

$\bar{\Delta\eta}$ – vidutinis kvadratinis n. k. nuokrypis n. k. η_0 atžvilgiu, kai energetinis blokas dirba nusistovėjusiu režimu. Pažymėsime, kad $\Delta\eta(t) = \eta_0 - \eta_{reg}(t) > 0$, $\eta_{reg}(t)$ – n. k. energetinio bloko reguliavimo režimu.

Energetinio bloko n. k. nuokrypio $\Delta\eta$ empirinės priklausomybės nuo dažnio ω yra pateiktos straipsnyje [2] grafikais, kai harmoninė $P_g(t)$ amplitudė yra 10 ir 20 MW. Skenuojant $\Delta\eta(\omega)$ grafiką, pateiktą [2], gauta 31 ω ir $\Delta\eta$ reikšmė, kurios pateiktos lentelėje.

Mažiausių kvadratų metodu aproksimavus gautus duomenis penktojo laipsnio polinomu gaunama:

$$\begin{aligned} \Delta\hat{\eta}(\omega_m) = & 0,0716 + 7,249\omega_m - 78,21\omega_m^2 + \\ & + 326,30\omega_m^3 - 594,3\omega_m^4 + 406,0\omega_m^5; \end{aligned} \quad (7)$$

čia $\omega_m = 1/T$, T išreikštas minutėmis, t. y. ω_m [1/min.].

Šios aproksimacijos aibinės koreliacijos koeficientas $R^2 = 1$, tai reiškia, kad aproksimacija yra gera. Gauta (7) priklausomybė galioja, kai dažnis ω_m yra intervale $0,03 \leq \omega_m \leq 0,5$.

1 paveiksle pavaizduotos dvi kreivės: 1 – $\Delta\eta(\omega_m)$ nubraižyta pagal skenavimo duomenis, 2 – $\Delta\hat{\eta}(\omega_m)$ – pagal aproksimaciją (7).

Matyti, kad abi kreivės yra gana artimos. Kai T išreikštas sekundėmis, tada į (5) priklausomybę reikia įrašyti $\omega_m = \omega \cdot 60$, čia ω [1/s]. Gauta tokia priklausomybė:

$$\begin{aligned} \Delta\hat{\eta}(\omega) = & 0,0716 + 434,9\omega - 28,16 \cdot 10^4 \omega^2 + \\ & + 70,5 \cdot 10^6 \omega^3 - 77 \cdot 10^8 \omega^4 + 31,6 \cdot 10^{10} \omega^5. \end{aligned} \quad (8)$$

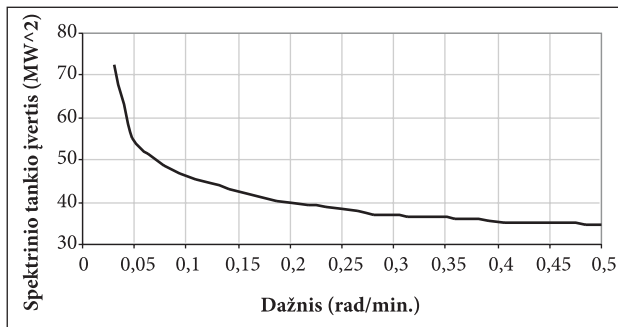
Pastaroji priklausomybė galioja, kai dažnis ω [1/s] yra intervale $0,005 \leq \omega \leq 0,00833$.

Pagal (7) išraišką amplitudinės-dažninės charakteristikos $H_{\eta\eta}(\omega_m)$ įvertis $\hat{H}_{\eta\eta}(\omega_m)$ [%/MW] yra išreiškiamas taip:

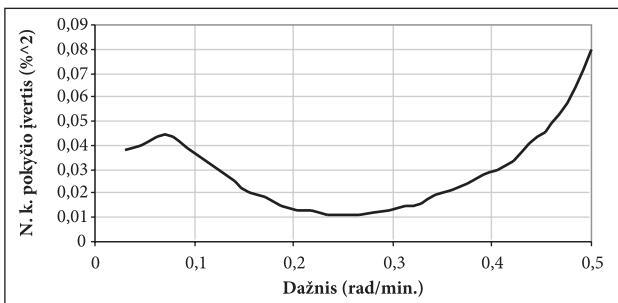
$$\hat{H}(\omega_m) = \Delta \hat{\eta}(\omega_m) / 10 = 0,00716 + 0,7249 \omega_m - 7,821 \omega_m^2 + 32,63 \omega_m^3 - 59,43 \omega_m^4 + 40,6 \omega_m^5. \quad (9)$$

Norint apskaičiuoti konkretaus energetinio bloko vidutinį kvadratinį n. k. nuokrypį $\Delta\eta$, žinotinas jo generuojamos galios kitimas dirbant reguliavimo režimu $P_g(t)$ laiko intervale $t_{min} \leq t \leq t_{max}$. Nesant galimybių gauti reikalingus duomenis, panaudojamas Lietuvos EES suminės generuojamos galios kitimas $P_{\Sigma g}(t)$. Pagal pirmos valandos imtį sudaroma duomenų lentelė, matavimo duomenis imant kas 60 sekundžių, ir apskaičiuojamas vienpusio spektrinio tankio įvertis $\hat{G}_{pp}(\omega)$ (2 pav.).

Pagal (5) priklausomybę apskaičiuoto įverčio $\hat{G}_{\eta\eta}(\omega)$ grafikas parodytas 3 paveiksle.



2 pav. Spektrinio tankio $\hat{G}_{pp}(\omega)$ įvertis



3 pav. N. k. nuokrypio $\Delta\eta$ spektrinio tankio funkcijos įvertis $\hat{G}_{\eta\eta}(\omega)$

Panaudojant (6) priklausomybę apskaičiuojamas vidutinis kvadratinis n. k. nuokrypis $\Delta\eta$, kai energetinis blokas dirba reguliavimo režimu:

$$\Delta\bar{\eta} = \sqrt{\int_0^{\omega_{max}} \hat{G}_{\eta\eta}(\omega) d\omega} \cong \sqrt{\Delta\omega \sum_{k=1}^{31} \hat{G}_{\eta\eta}(k\Delta\omega)}. \quad (10)$$

Gautas rezultatas $\Delta\bar{\eta} = 0,1186\%$. Toks n. k. η sumažėjimas gaunamas, kai standartinis generuojamos galios nuokrypis $S_{pp} = 4,44$ MW. Esant generuojamos galios standartiniam nuokrypiui $S_{pp} = 1$ MW, $\Delta\bar{\eta} = 0,1186/4,44 = 0,0267\%$. o kai $S_{pp} = 10$ MW, n. k. sumažėjimas $\Delta\bar{\eta} = 0,267\%$. Įvertinus LEES tarp sisteminių galių srau-

tų kitimą, toliau daroma prielaida, kad, energetiniam blokui dirbant reguliavimo režimu, standartinis generuojamos galios nuokrypis $S_{pp} = 10$ MW, sutartinio kuro sąnaudų padidėjimas dėl n. k. η sumažėjimo yra $325 \cdot 0,267 \cdot 0,01 = 0,868$ g/kWh (325 g/kWh – normatyvinės kuro sąnaudos energetiniam blokui). Energetinio bloko metinė gamyba $N = 250000 \cdot 6000 = 1,5 \cdot 10^9$ kWh, tada papildomos kuro sąnaudos dėl n. k. η sumažėjimo bus $1,5 \cdot 10^9 \cdot 0,868 = 1,302 \cdot 10^9$ g/metus = 1302 tonos sutartinio kuro per metus. Priimdami, kad 1 kg sutartinio kuro atitinka 7000 kcal, o 1 kg mazuto – 9600 kcal ir 1 m³ gamtinių dujų – 8050 kcal, gauname, kad 1302 tonos sutartinio kuro atitinka 950 tonų mazuto, arba atitinkamai 1132 · 1000 m³ gamtinių dujų. Kurui naudojant mazutą, per metus papildomos išlaidos siektų $950 \cdot 1191 = 1\,131\,450$ Lt (priimame, kad 1 t mazuto kainuoja 1191 Lt), o naudojant gamtines dujas – $1132 \cdot 1080 = 1\,222\,560$ Lt (priimame, kad 1000 m³ gamtinių dujų kainuoja 1080 Lt). Įvertinus tai, kad LE 300 MW agregatas turi ne būgninį, o tiesiasrovinį katilą, naudingumo koeficiento sumažėjimas bus didesnis nei būgniniam katilui dirbant reguliavimo režimu. Todėl išlaidos kurui turėtų dar padidėti.

Iš pateiktų rezultatų matyti, kad šiluminių elektrinių dalyvavimas reguliuojant dažnį ir galią turi būti pagrįstas techniškai ir ekonomiškai. Pernelyg tikslus reguliavimas padidina EES darbo kaštus, nepakankamas reguliavimas sumažina EES darbo patikimumą ir elektros energijos kokybę.

4. IŠVADOS

1. Sukurta šiluminio energetinio bloko naudingumo koeficiento įvertinimo metodika, blokui dirbant dažnio ir galios reguliavimo sistemoje.

2. Šiluminių elektrinių, dalyvaujančių reguliuojant dažnį ir galią, sumažėja naudingumo koeficientas, kuris priklauso nuo generuojamos galios standartinio nuokrypio. Esant 10 MW generuojamos galios standartiniam nuokrypiui, 300 MW galinumo energetinio bloko su būgniniu garo katilu naudingumo koeficientas sumažėja 0,267%.

Gauta 2007 06 05

Priimta 2008 01 04

Literatūra

1. Макарьян В. А., Фотин Л. П. Определение изменения к.п.д. энергоблока 200 МВт при его работе в регулировочном режиме // Теплоэнергетика. 1975. № 11. С. 27–32.
2. Макарьян В. А., Фотин Л. П. Изменение экономичности энергоблока 300 МВт при его работе в регулировочном режиме // Теплоэнергетика. 1977. № 8. С. 13–18.
3. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. Москва: Мир, 1989. С. 540.
4. MATLAB 6.5. Tutorial. Signal Processing.

Virginijus Radziukynas, Antanas Nemura

ESTIMATION OF THE EFFICIENCY COEFFICIENT OF A THERMAL UNIT OPERATING IN THE LOAD AND FREQUENCY CONTROL SYSTEM

Summary

In the future, the Lithuanian electrical power system will have to contribute to the secondary automatic load and frequency control. While performing control in which thermal power plants participate, additional losses related with the non-stationary operation of power plant equipment appear. In the paper, the methodology of estimating the dependency of the thermal power plant block (an aggregate of 300 MW) efficiency coefficient on its load variation magnitude and frequency while operating in control regime is presented. Calculations presenting the solution using spectral analysis tools are carried out.

Key words: electrical power system, energetic unit, efficiency coefficient, spectral analysis

Виргиниюс Радзюкинас, Антанас Немура

ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ТЕПЛООВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БЛОКА ПРИ ЕГО РАБОТЕ В СИСТЕМЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ И МОЩНОСТИ

Резюме

Электроэнергетическая система Литвы в будущем должна будет участвовать в первичном и вторичном регулировании частоты и мощности. При вторичном регулировании используются тепловые электростанции, что связано с дополнительными финансовыми расходами так как оборудование этих электростанций работает не в стационарном режиме. В данной статье предлагается методика для оценки коэффициента полезного действия энергетического блока (300 MW) тепловой электростанции и его зависимость от изменения амплитуды мощности и частоты в режиме регулирования. Представленные расчеты показывают возможность решения этих задач с помощью спектрального анализа.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, энергетический блок, коэффициент полезного действия, спектральный анализ