

Modulinė turbogeneratoriaus monitoringo ir apsaugos sistema

Vytautas Barzdaitis

*Kauno technologijos universitetas,
Inžinerinės mechanikos katedra,
A. Mickevičiaus g. 37,
LT-44144 Kaunas*

Steponas Gečys,

Deimantas Deštakauskas

*Kauno technologijos universitetas,
Elektros sistemø katedra,
Studentø g. 48, LT-51367 Kaunas*

Rimantas Didžiokas,

Pranas Mapeika

*Klaipėdos universitetas, Mechanikos
inžinerijos katedra, Bijūnø g. 17,
LT-91225 Klaipėda*

Monitoringo ir diagnostikos sistemos kūrimo tikslas buvo padidinti turbogeneratoriaus darbo patikimumà ir efektyvumą. Monitoringo ir diagnostikos sistemos projektas buvo sukurtas KTU Mechatronikos mokslo laboratorijos ir kartu su UAB „Kauno elektrinės“ inžinieriais ádiegtas praktikoje. Monitoringo ir diagnostikos sistema turi nustatyti pagrindinius padidintø virpesiø ðaltinius ir pasiūlyti priemones vibraciniam aktyvumui sumažinti. Monitoringo ir diagnostikos struktūra priklauso nuo mažinos funkcijos technologinėje ir energetinėje sistemoje. Pagrindinis ðios sistemos naujumas ir originalumas – rotoriaus ðeðiø guoliø velenø kakliukø virpesiø poslinkiø ir velenø padėties guoliuose monitoringas, defektø identifikavimas ir diagnostika.

Raktaþodþiai: turbogeneratorius, monitorinio ir diagnostikos sistema, virpesiai, duomenø formatai

1. ÁVADAS

Daugiau nei 15 turbogeneratoriø, kuriø galia didesnė kaip 60 MW, dirba Lietuvos elektrinėse per 25 metus. Siekiant uþtikrinti ðiø mažinø patikimà bei efektyvø darbà ir ateityje, būtina diegti naujas informacines priemones – stacionarias techninès bûklės monitoringo, apsaugos ir diagnostikos sistemas.

Pirmà kartà ðiuolaikinės monitoringo ir diagnostikos sistemos BNC3500 (JAV) ádiegtos 1999 m. AB „Lietuvos elektrinėje“ 300 MW turbogeneratoriuje, Vilniaus elektrinėje 180 MW turbogeneratoriuose (1999 m. TG-1, 2003 m. TG-2); MMS6850 EPRO (Vokietija) sistema ádiegta Kauno termofikacijos elektrinėje 60 MW galios turbogeneratoriuje 2002 m. [1, 2]. Ðie projektai, jø diegimas, diegimo tyrimas ir ávedimas á eksploatacijà atlikti Kauno technologijos ir kitø universitetø mokslininkø ir ámoniø inžinieriø pastangomis. Monitoringo ir diagnostikos sistemø informacinà pagrindà sudaro: mechaniniai ir skysèio, tepalo, garo virpesiai, geometriniai ir technologiniai parametrai. Efektyviam turbogeneratoriø darbui uþtikrinti kuriami instaliuotø monitoringo ir diagnostikos

sistemø duomenø formatø priepastingumo nustatymo ir identifikacijos metodai, apbruojant juos praktikoje. Pagrindinis tikslas – atlikti tyrimus ir nustatyti, kokie turi bûti optimaliausi duomenø formatai, primumiausia inžinieriui jø vaizdavimo forma, naudojant ðiuolaikines informacines technologijas, kad kuo tiksliau ir greičiau bûtø galima nustatyti mažinos „ligà“, áspėti jos vystymàsi ir reglamentuoti priemones jos defektø prevencijai ágyvendinti. Ðiuolaikiniø turbogeneratoriø, kaip kritiniø energetiniø mažinø, dirbanèiø kintama apkrova, pasiþyminèiø daþnais leidimais ir stabdymais, virpesiø parametrai yra vieni informatyviausiø, sprendþiant apie mažinos patikimumà apskritai ir techninè bûklè, ávertinanèià remonto ir eksploatacijos kokybè, atskirai. Tai efektyvi priemonė, taikytina ypaè ilgà laikà eksploatuotiems turbogeneratoriams.

Ðiame straipsnyje pateiksime 60 MW galios turbogeneratoriaus PT 60-130-13, veikianèio Kauno termofikacijoje elektrinėje, monitoringo ir diagnostikos sistemos MMS 6850 diegimo ir eksploatacijos metu atliktus tyrimus, uþtikrinanèius saugø mažinos leidimà ir efektyvià eksploatacijà, nustatant kritinius technologi-

nius parametrus ir optimalius darbo režimus. Nuo 1989 m. PT60-130-13 turbogeneratoriaus dinamikos tyrimai natūralios eksploatacijos sąlygomis parodė, kad pagrindinės vibracijos priežastys yra šios: visos rotorinės sistemos per dideli bendraašio kūmo nuokrypiai; didelio slėgio rotoriaus (DSR) disbalansas; generatoriaus rotoriaus (GR) magnetinės sukimosi ašies nesutapimas su geometrine sukimosi ašimi; nestandi mova, jungianti DSR su vidutinio ir mažo slėgio rotoriumi (VMSR). Rotorinės sistemos virpesius dar labiau padidina garo srautų pulsacijos, veikiančios pratekamojoje rotorinėje dalyje; temperatūrinės deformacijos; padidinti radialieji tarpai slydimo guoliuose; sinchroninių elektros generatorių elektromagnetinių grandinių ir srautų nesimetriškumas ir t. t.

Sinchroninio elektros generatoriaus padinami virpesiai yra ir mechaninės, ir elektromagnetinės prigimties. Jų „atskyrimas“ nuo mechaninių vibracijų dalinių, naudojant žiuolaikinius virpesių signalų analizatorius, yra nesudėtingas, nors reikalauja praktinių sągūdžių, taikant virpesių teoriją ir dauginės analizės metodus. Nors tamprios-krumplinės movos, jungiančios DSR su VMSR, panaudojimas ir sumažina aukšto dažnio virpesių perdavimą generatoriaus link, tačiau nepadidina rotorinės sistemos standumo. Be to, tokia mova sudėtinga, nes naudojami du radialieji ašiniai guoliai. Žiuolaikinių monitoringo ir diagnostikos sistemų pagrindą sudaro virpesių matavimas, jo analizė ir ekspertizė kartu su pagrindiniais technologiniais parametrais bei ekspertinės sistemos.

Įdiegus mašinų techninės būklės monitoringo ir diagnostikos sistemą, įrenginių eksploatacijos ir re-

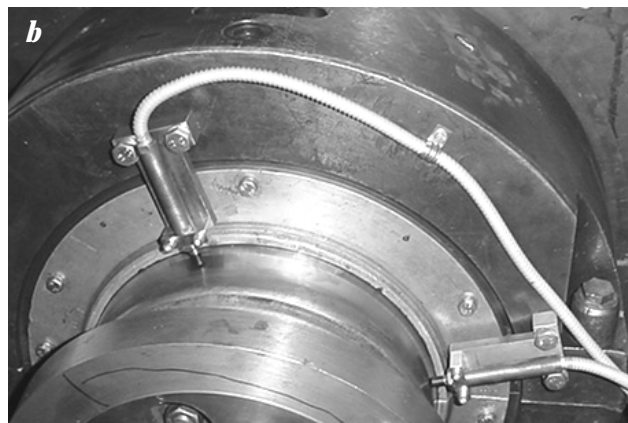
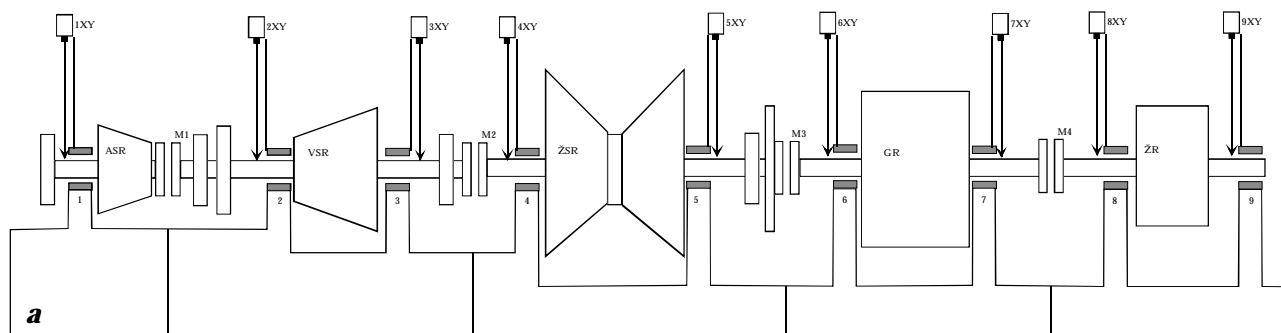
monto išlaidos sumažėja 30–40%. Išlaidos monitoringo ir diagnostikos sistemai, pagrįstai vibracijų matavimu, įdiegimui, palyginus su gaunamu pelnu, žemos, siekia 1:10 [3].

2. TURBOGENERATORIAUS MONITORINGO IR DIAGNOSTIKOS SISTEMA

Turbogeneratorius PT 60-130-13 veikia Kauno termofikacinėje elektrinėje nuo 1975 metų. Rotorinės sistemos, kaip visų keturių rotorių visumos, schema su 2002 m. instaliuota monitoringo ir gedimų bei defektų diagnostikos sistema ir jos veleno reliatyviųjų virpesių poslinkių matavimų keitikliais pavaizduota 1 paveiksle.

Turbogeneratorių sudaro dvi garo turbinos, pagamintos Sankt Peterburgo gamykloje LMZ. Rotorinės sistemos greitis 3000 aps/min. Garo turbina gali dirbti termofikaciniu ir kondensaciniu režimu atiduodama pramoniną garą tolimesniam naudojimui. Garo turbinos rotorio mentelės veikia aktyviu principu. DSR ir VMSR sujungti tampria krumpline mova, turinčia 80 tarpkrumplių, kurių kiekvienoje yra patalpinti plokštelių paketai, po tris plokšteles. DSR ir VMSR sukasi slydimo hidrodinaminuose guoliuose: 1 ir 2 guoliai DSR, 3 ir 4 VMSR, 5 ir 6 GR, 7 ir 8 ŽR. Guolių antifrikcinis metalas yra babitas. 1-asis ir 3-iasis guoliai yra radialieji ašiniai, likusieji radialieji.

Monitoringo ir diagnostikos sistemos projektas įdiegtas praktikoje. 2002/2003/2004m. Dildymo laikotarpiu monitoringo sistema buvo išbandyta praktiko-



1 pav. PT 60-130-13 rotorinė sistema su guolių veleno kakliukų reliatyviųjų virpesių matavimo keitikliais: *a* – DSR 1-asis guolis yra radialusis ašinis, jo apkaba yra sferinės formos. Keitikliai pritvirtinti prie sferinės guolio apkabos; įiūrėjimo kryptis – nuo turbinos link generatoriaus ir rotoriaus, sukimosi kryptis – pagal laikrodžio rodyklę; *b* – 1-ojo guolio veleno kakliuko reliatyviųjų poslinkių guolyje ir virpesių poslinkių matavimo keitiklio Y (vertikali kryptis) ir X (horizontali kryptis dešinėje) vaizdas, įterptas nuo turbinos link generatoriaus

je, veikiant TG-1 turbogeneratoriui nepertraukiamu reėjimu, keičiant aktyviąją apkrovą, termofikacinio ir pramoninio garo parametrus.

Monitoringo ir diagnostikos struktūrą sąlygoja mađinos funkcijos technologinėje ir energetinėje sistemoje. Labai atsakingoms ir brangioms mađinoms, pavyzdžiui, turbogeneratoriams, paprastai taikoma stacionari monitoringo sistema, bendrosios paskirties mađinoms – periodinio-portatyvinio tipo virpesiø matavimo ir analizės sistema. 60 MW galios turbogeneratoriuje instaliuota stacionari ūiuolaikinė techninės būklės monitoringo ir diagnostikos sistema EPRO MMS 6850. Ūios sistemos naujumas ir originalumas – rotorio ūeđio guoliø veleno kakliukø reliatyviøjø virpesiø poslinkiø ir veleno kakliukø padėiø guoliuose matavimas, naudojant indukcinis nekontaktinius Fuko srovio principu veikiančius keitiklius. Ūie pirminiai keitikliai matuoja veleno reliatyviøjø virpesiø poslinkio moją S_{pp} , guolio babito atūvilgiu keitiklio iđdėstymo plokđtumoje pagal ISO 7919–1,2 standarto reikalavimus. Virpesiø poslinkiø daūnis nuo 0 iki 10000 Hz. Turbogeneratoriams, kuriø rotoriaus sukimosi greitis 3000 aps/min, informatyviais laikomi virpesiø poslinkiai iki 5X, ..., 7X harmonikos, t. y. iki 350 Hz. Aukōtesnio daūnio virpesiai yra vertinami pagal guoliø absoliuėiøjø virpesiø greiėius (ISO 10816 standarto reikalavimai). Naudojant rotorinės sistemos veleno poliharmoniniø virpesiø poslinkiø, virpesiø greiėiø ir pagreiėiø parametrus sudaromi pagrindiniai virpesiø duomenø formatai [4–6]. Kiekvieno keitiklio matavimai yra sinchronizuojami nuo fazės keitiklio signalo. Monitoringo sistema apima guoliø temperatūrinius matavimus, rotorinės sistemos geometrinis, DSC metalo elementø temperatūrinius matavimus ir kitus svarbius technologinius parametrus.

3. MONITORINGO DUOMENØ FORMATAI

Monitoringo ir defektø bei gedimø diagnostikos duomenø formatai – tai koncentruota virpesiø matavimo rezultatø ir jø analizės duomenø pateikimo forma bei turinys.

Virpesiø monitoringo ir defektø bei gedimø diagnostikos realizavimo ir duomenø sisteminimo prasme tikslinga skirti keturis rotorinės mađinos būvius: rimties būvį; lėtà rotoriaus sukimà nuo pavaros pasukimo mechanizmo; pereinamąjà reėjimà ir pastovaus, stacionaraus darbo reėjimà.

Neveikianėios, rimties būvyje esanėios, mađinos virpesiø ir geometriniø parametrø monitoringo metu nustatomos rotoriaus veleno kakliukø statinės padėtys slydimo guoliuose, ašiniai poslinkiai.

Lėtojo rotoriaus sukimo metu nuo pavaros mechanizmo ávertinamas rotoriaus ekscentricitetas, pradinė rotoriaus padėtis ađine kryptimi.

Pereinamasis darbo reėjimas apima greitėjimà iki nominaliojo rotoriaus sukimosi greiėio ir apsaugos automatø iđbandymo sukimosi greiėio, mađinos stabdymà iki lėtojo rotoriaus sukimo pavaros sukimo mechaniz-

mu. Ūio matavimø rezultatai nustato rotorinės sistemos rezonansinius daūnius, jø pakitimà po rotorinės sistemos kapitalinio remonto, leidžia nustatyti rotoriaus virpesiø formas. Greitėjimo ir stabdymo metu gauti rezultatai ávertina rotorinės sistemos dinaminio standumo kitimà, kuris svarbus sudarant turbogeneratoriaus patikimo, automatinio leidimo, kaip mechatroninės sistemos, algoritmà. Tokiø algoritmø tikslas – uūtikrinti saugø rotoriaus greitėjimà ir lėtėjimà, kad nebūtø suūaloti sandarinimai, guoliai, darbo ratai ir jø elementai.

Pastovusis darbo reėjimas – kai mađinos dinaminė pusiausvyra nekinta. Mađina veikia stacionariu reėjimu, jos elementø virpesiai, geometriniai parametrai, technologinio proceso parametrai ir kt. nuolat matuojami, jø kitimas registruojamas pastoviose kompiuterinėse laikmenose, kaip laiko funkcija, ir naudojama iðsamesnei darbo analizei. Pavyzdžiui, garo turbinos rotoriaus sukimosi greitis yra pastovus (lygus 3000 aps/min) ir keičiasi rotorinės sistemos dinaminis standumas. Ūiluminio elektrinio turboagregatø nominaliosios apkrovos yra nustatytos projektuojanėios organizacijos. Taėiau energetikai priversti dirbti konkurencinėje aplinkoje ir verėiami keisti turbogeneratoriaus apkrovà plaėiame intervale nuo 30 iki 100%, kad tenkintø rinkos poreikius.

Atliekant mađinos techninės būklės monitoringà, pagrãstà virpesiø parametrø matavimu, ir defektø diagnostikà, dirbant stacionariu darbo reėjimu, praktikoje pasiteisino keli virpesiø duomenø formatai: virpesiø poslinkiø, greiėiø signalø ir laiko grafikai, veleno virpesiø poslinkiø orbitos; Bodė diagramos, virpesiø amplitudūiø ir virpesiø fazio grafikai laiko koordinatėje, vidutinis veleno centro poslinkis slydimo guolio babito atūvilgiu; virpesiø poslinkiø ir greiėiø spektras su „vandens krioklio“ spektrogramomis, polinės diagramos. Tikslesni defektø diagnostikos rezultatai gaunami, kai analizei naudojami vienu metu keli virpesiø duomenø formatai, pavyzdžiui, virpesiø poslinkiø orbitos grafikas, polinė diagrama ir virpesiø spektro grafikai.

Slydimo guoliø antifrikcinio metalo temperatūros, DSR metalo elementø temperatūros taip pat yra pagrindiniai parametrai, sąlygojantys elementø darbo sąlygas. Koreliuojant absoliuėiøjø guolio ir reliatyviøjø veleno virpesiø parametrus su tepalo, patenkanėio á guolà ir iđeinanėio iđ guolio, temperatūromis, guolio babito temperatūromis, tiksliau ávertinama guolio techninė būklė. Veleno centro vidutinio poslinkio dydis (ISO 7919 reikalavimai) parodo veleno padėtà guolyje babito atūvilgiu bei visos rotorinės sistemos geometrines ađies padėtà. Veleno vidutinio poslinkio grafikas yra informatyvus esant ir stacionariajam, ir pereinamajam mađinos darbo reėjimams bei tiriant tiek lėtaėigio, tiek greitaeigio rotoriaus dinamikà.

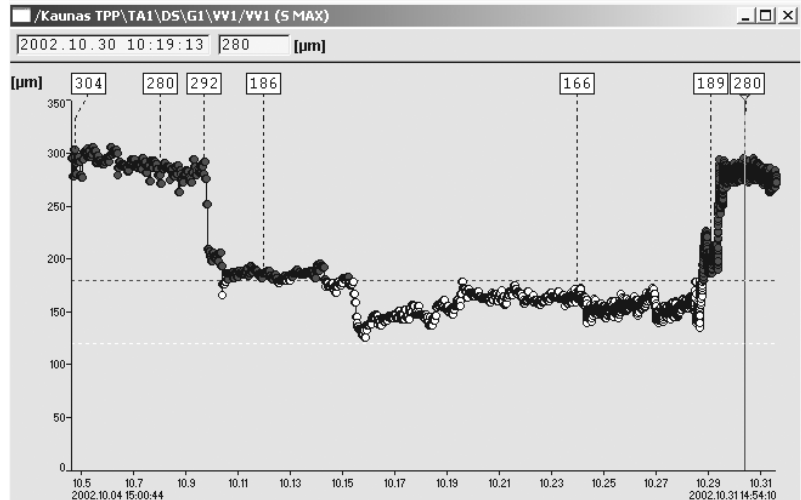
4. MONITORINGO IR DIAGNOSTIKOS REZULTATAI

Rotorinės sistemos – garo turbinos ir generatoriaus techninė būklė vertinama pagal minėtus absoliuėiøjø

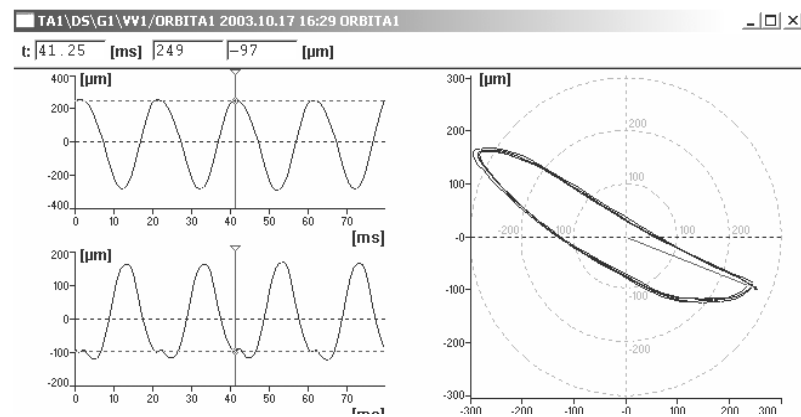
ir reliatyvių virpesių duomenų formatus, keičiant apkrovą nuo 29 MW iki 60 MW. Didžiausių vibracinių aktyvumu pasižymi DSR 1-asis guolis, kurio veleno kakliuko suminės ekstreminės reliatyvių virpesių poslinkių vertės siekia neleistinai didelius $S_{max1} = 300-350 \mu\text{m}$ ir S_{p-p} dydžius, palyginti su ISO 7919-2 rekomendacijomis (ISO 7919-1), ir yra pavojingos saugiai mašinos eksploatacijai (2 pav.). Kaip parodė tyrimai, virpesių poslinkiai mažai priklauso nuo apkrovos. Tačiau 1-ojo guolio absoliutių virpesių greičio kvadratinio vidurkio vertės yra mažos ($V_{rms} < 1,5 \text{ mm/s}$) ir pagal šią parametą patenka į A virpesių intensyvumo sritį – guolio techninė būklė gera (ISO 10816-2). Pagal kurą parametą vertinti 1-ojo guolio darbą? Aišku, kad pagal reliatyviuosius virpesių poslinkius S_{p-p} arba S_{max1} , nes 1-ojo guolio absoliutieji virpesiai nėra informatyviūs. Dėl didelio standumo ir masės 1-ojo guolio atrama slopina rotoriaus įdinamus virpesius, o tai daro negalimu tiesiogiai lyginti absoliutių virpesių ir reliatyvių virpesių parametrus.

1-ojo guolio veleno kakliuko orbita turi didelę didžiąją adą esant visoms apkrovoms (3 pav.). Mažasis guolio standumas yra horizontalioje plokštumoje. Visos dėdžio veleno kakliuko orbitos yra stabilios numatyto darbo režimu ir ilgą eksploatacijos laiką. Efektyviausiai darbo stabilumą galima vertinti pagal reliatyvių veleno kakliuko tris duomenų formatus – virpesių poslinkių spektrus, polines diagramas ir S_{max} grafikus, dar panaudojant virpesių orbitą (4 pav.).

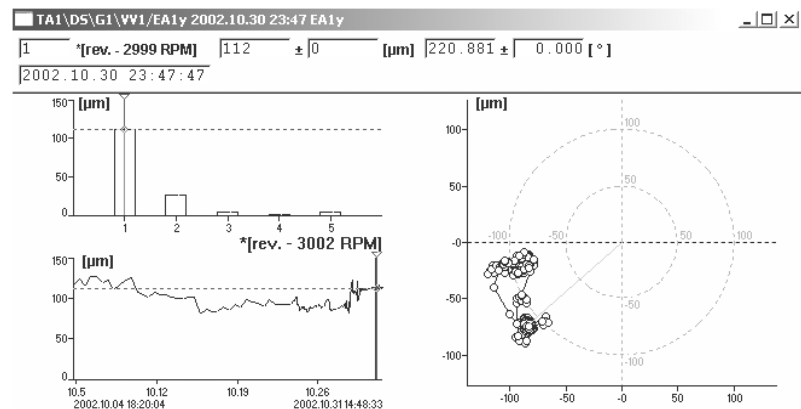
Orbita – tai rotoriaus radialiojo virpesių integruotos amplitudės grafikas, gautas išmatavus veleno radialiuosius virpesių poslinkius dviem statmenomis kryptimis ir moduliavus šiuos signalus fazės matavimo signalu. Orbita yra elipsės formos, esant kitokioms papildomoms apkrovoms arba skirtingiems dinaminiams atramų standumams įvairiomis radialiosiomis kryptimis. Jei orbitos forma keičiasi nuo cilindro, elipsės, „banano“ iki „aštuonetuko,“ tai reiškia, kad pasikeitė papildomųjų apkrovų prigimtis, jos tapo dinamiškesnės, asimetriškesnės, todėl didėja defektų ir gedimų atsiradimo galimybė. Ant orbitos esantis fazės signalo ženklų skaičius parodo santykių virpesių dažnį. Orbitos grafikas parodo veleno reliatyviuosius vir-



2 pav. DSR 1-ojo guolio veleno kakliuko reliatyvių suminių ekstreminių virpesių poslinkių dydžio S_{max1} kitimo grafikas

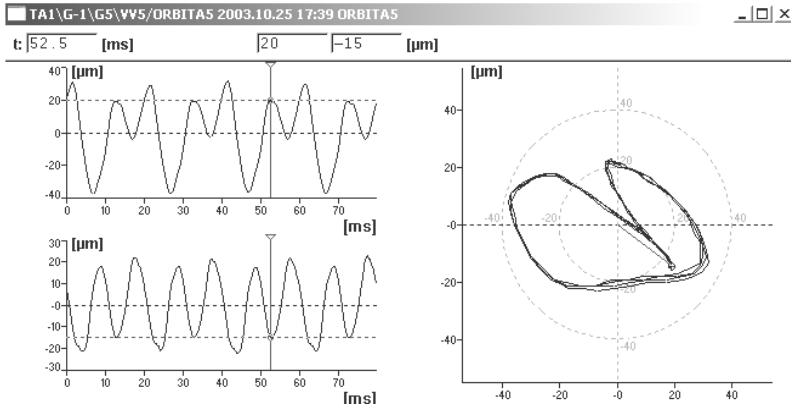


3 pav. 1-ojo guolio veleno virpesių poslinkių grafikai ir orbita, esant aktyviajai apkrovai 46,8 MW ir $S_{max1} = 335 \mu\text{m}$



4 pav. DSR 1-ojo guolio išmatuoti X keitiklių vertikaliojo virpesių parametrai ir jų interpretacija duomenų formatais: spektru, trendu ir poline diagrama, IX dažnio harmonika

pesių poslinkius guolio atžvilgiu, išmatuotus dideliu tikslumu. Tokia orbita negaunama virpesių matavimo seisminiais keitikliais. Seisminiais keitikliais išmatuotas virpesių greitis (pagreitis), integruotas arba du kartus integruotas, duoda ne reliatyvią veleno virpesių poslinkį, bet absoliutiną guolio atramų arba ma-



5 pav. DSR 5-ojo guolio (radialiojo) veleno kakliuko virpesių poslinkių X ir Y kryptimis kitimo grafikai ir orbita

đinos korpuso virpesių poslinká. Orbitos grafikai ypáe informatyvūs skysėio sužadintiems virpesiams nustatyti. Pavyzdžiui, tepalo sužadintiems slydimo guolio virpesiams tirti. Ėia orbitø grafikai informatyvesni, palyginti su polinėmis diagramomis. Orbitø grafikai kartu su polinėmis diagramomis bei virpesių – kas-kadø diagramomis tiksliai nustato pradinius veleno átrūkimus.

Absolūtieji rotorio atramø – guolio virpesiai matuojami seisminiais keitikliais. Gauti virpesių greičiai, kaip matavimo rezultatas, ne visados visiškai tinka analizei, kuri pateiktø vienareikšmá ir tikslo atsakymá apie rotorinės sistemos techniná būklę. Tačiau, neturint naujausio technologijø, pavyzdžiui, veleno kakliuko virpesių monitoringo sistemos, tenka mađinos techniná būklę vertinti pagal absoliuėiuosius virpesių greičius arba virpesių poslinkius remiantis ISO10816-2 rekomendacijomis, bet ne ISO 7919-2 standarto rekomendacijomis. Absoliuėiojø virpesių monitoringo metodø trūkumas yra tai, kad virpesių matavimo nuokrypiai gaunami dideli ir pilnai neatspindi paties rotoriaus virpesių. Rotoriaus velenø arba veleno kakliuko guoliuose reliatyvieji virpesių poslinkiai tiksliau iðreiðkia rotorinės sistemos dinamiká, nes jie yra matuojami nekontaktiniu būdu, tiesiogiai nuo veleno kakliuko cilindrinio pavirðiaus. Tokie matavimai atliekami indukciniais, Fuko srovio principu veikianėiais, nekontaktėiais virpesių poslinkio matavimo keitikliais. Ðiais keitikliais matuojama vidutinis radialusis tarpas tarp veleno kakliuko ir guolio babito (pastovioji pasislinkimo dedamoji), t. y. veleno centro padėtis guolyje, ir kartu veleno kakliuko virpesių poslinkiai (kintamoji dedamoji).

5-ojo guolio absoliuėiojø ir reliatyviøjø virpesių greičio spektruose vyrauja 1X ir 2X dažnio virpesiai, pavyzdžiui, kaip parodyta 5-ojo guolio veleno reliatyviøjø virpesių poslinkio grafikuose ir orbitoje (5 pav.). Didinant apkrová nuo 25 iki 47 MW, vertikaliojø virpesių greitis didėja, 2X dažnio virpesių amplitudė didėja neþymiai. Ðio guolio virpesių intensyvumas vertikaliojia kryptimi yra maþesnis, palyginti su virpesių

intensyvumu horizontaliojia kryptimi. 2X dažnio virpesio ðaltinis yra generatoriaus statorius – elektromagnetinis þadinimas, kuriuo þadinami virpesiai perduodami 5-ojo guolio atramai. Didinant apkrová, 2X dažnio virpesio amplitudė didėja. Vertikaliojø reliatyviøjø virpesio poslinkio 2X dažnio amplitudė gerokai didesnė uþ 1X amplitudę. Vertikaliojø absoliuėiojø virpesio greičio spektre vyrauja 1X dažnio virpesio greitis, palyginti su 2X dažnio virpesio greičiu. Polinės diagramos rodo, kad ir virpesio amplitudė, ir virpesio fazė yra palyginti stabilios, nes nesikeičia virpesio poslinkio vektoriaus padėtis polinėje diagramoje, kintant apkrovai. 2X dažnio

virpesio ðaltinis yra generatoriaus statorius – elektromagnetinis þadinimas, kuriuo þadinami virpesiai perduodami 5-ojo guolio atramai. Generatoriaus rotoriaus 5-ojo guolio techniná būklė yra gera ir stabili.

5. IŠVADOS

1. Pagrindiniais virpesio duomenø formatais, pilniausiai leidþianėiais ávertinti turbogeneratoriaus rotorinės sistemos darbo stabilumą, laikoma veleno kakliuko reliatyviøjø virpesio poslinkio orbitos, spektrai ir polinės diagramos.

2. Ádiegta modulinė techninės būklės monitoringo, apsaugos ir defektø diagnostikos sistema MMS 6850 uþtikrina saugø turbogeneratoriaus leidimá, sėkmingai, nesuþalojant guolio ir sandariklio áveikti rezonansinius greičius, iðvengti þalingø temperatūros sąlygojamø deformacijø, ypáe matuojant rotoriaus ekscentricitetá.

3. Lėðos, kurios sutaupomos efektyviai eksploatuojant turbogeneratorio, naudojant stacionariá monitoringo ir diagnostikos sistemá, leidþia iðvengti netikėtø gedimø ir net avariø.

Gauta 2004 11 05

Literatūra

1. Bently D. E. Fundamentals of Rotating Machinery Diagnostics. Library of Congress Control Number 2002094136, ISBN 0-9714081-0-6. Bently pressurized Bearing Company, printed in Canada, 2002. 726 p.
2. Barzdaitis V., Ėinikas G., Rotorinio mađinos monitoringas ir diagnostika. Monografija. Kaunas: Technologija, 1998. 364 p.
3. Noremark A. Condition monitoring based on vibration measurements. ABBSTAL, 1994.
4. Ø óáí á Ė. Ā. Ø óí è ææáðáøèè ýææøððè-áñèèø ì æøèí . Ėáí èí áðáá: Ýí áðáí áðí ì èçáàð, 1986. 208 c.
5. Muszynska A. Vibrational Diagnostics of Rotating Machinery Malfunctions // International Journal of Rota-

- ting Machinery, USA. 1995. Vol. 1. No. 3–4. P. 237–266.
6. Barzdaitis V., Geėys S., Deėtakauskas D. Turbogeneratoriaus vibracinio aktyvumo tyrimas // Elektronika ir elektrotechnika. Kaunas: Technologija, 2002. Nr. 7(42). P. 46–50.

Vytautas Barzdaitis, Steponas Geėys, Deimantas Deėtakauskas, Rimantas Didžiokas, Pranas Mažeika

A MODULAR SYSTEM OF TURBOGENERATOR CONDITION MONITORING, PROTECTION AND DIAGNOSTICS

Summary

The goal of the research and of the design of a new monitoring and diagnostic system was to increase the control and operation reliability and efficiency of turbogenerators. The technical specification of the turbogenerator's condition monitoring, protection and diagnostic system was designed at the KTU Mechatronics Research Laboratory and implemented together with engineers of the JSC "Kauno termofikacinė elektrinė". This system is capable of determining the main parameters of the absolute and relative vibrations of a rotating system, the mechanical parameters and temperatures of the main points. The structure of the monitoring, protection and diagnostics system depends on machine construction, technological parameters and operation mode. The novelty and originality of this system is the design and installation of a system of monitoring and diagnostics of bearing shafts on the main six bearings including those of steam turbines and electric generators. This module is essential during the start and shutdown of the machine.

Key words: turbogenerator, monitoring and diagnostic system, vibration, data formats

Àëðàóòàñ Ààðçààëòëñ, Ñîÿíííàñ Äÿ=ëñ,
Ààëí àíòàñ Øàøðàëàóñëàñ, Ðëí àíòàñ Àëäæëíëàñ,
Í ðàíàñ Í àæàëëà

Ì Í ÁÓËÛÍ Áß ÑËÑÒÀÌ Á Í Í Í ÈÓÍ ÐËÍ ÁÁ,
ÇÁÛ ÈÒÛ È ÀËÁÁÍ Í ÑÒËËË
ÓÓÐÁÍ ÁÁÍ ÁÐÀÓÍ ÐÁ

Ðàçðèà

Óàëü ëññëàáí àáí ëÿ - íðàí ëòü ííáóð ñëñòàì ó
ì í í èòí ðëí áá è àëàáí í ñòëëë, ëííòðí ëëðóòóòó
í àáàæí í ñòü ðàáí +àë ÿóóàëòëáí í ñòë óóðáí àáí àðàóí ðà.
Í ðíàëò àáíííé ñëñòàì ù ñíçááí á Í áó+íí-
ëññëàáí ààðàëóñíëí é ëááí ðàóí ðëë í àóàððíí éëë ÈÒÓ é
áí àáðáí í ðë ó+àñòëë ëí æáí àðí á á ÇÁÓ „Kauno ter-
mofikacinė elektrinė“. Ñëñòàì à àí ëæá à áóÿàëóü
í ñííáíí é ëñòí +í ëë ííáóááí í óò àëáðàóëë é
í ðàáëí æëóü í àðíí ðëÿòëÿ æëÿ óí àí ùðáí ëÿ
àëáðí àëòëáí í ñòë. Ñòðòëóóðà ñëñòàì ù çààñëò íò
óóí éóëë ì àøëí ù á ðàóí í ëí àë+àñëí é ÿí àðààòë+àñëí é
ñëñòàì á. Ñ áá ííííóòóòó í ñòóòàñòàëÿòóñÿ ëçí àðáí ëÿ
è àí àëëç ðàëÿòëáí óò àëáðíí àðáí àóáí éë àáëí á á
ííáøëíí éëax óáí óó è ííëí æáí ëÿ ííáøëíí éëí á
ààèà ðíòí ðíí é ñëñòàì ù, á ðàëæá íáí ðàðóáí ù é
ì í í èòí ðëí á, ëááí ðëóëëàóëÿ è àëàáí í ñòëëà àáóàëóí á,
ííòëí ëçàóëÿ ðàáí +ááí ðàæëí à í àøëí ù.

Ëëð+ááóá ñëí áá: óóðáí àáí àðàóí ð, ñëñòàì á
ì í í èòí ðëí áá è àëàáí í ñòëëë, àëáðàóëë, óíòí àóó
àáí í óó