

ПРИМЈЕНА САВРЕМЕНИХ МЕТОДА ВИБРОДИЈАГНОСТИКЕ ОБРТНИХ МАШИНА У ФУНКЦИЈИ ПОВЕЋАЊА ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ

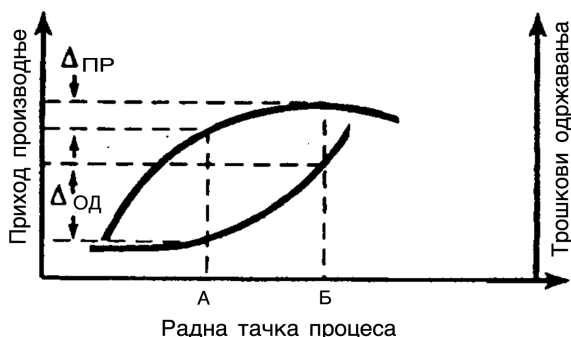
Ратко Јоксимовић, *Машински факултет у Источном Сарајеву*

Садржај: У последње вријеме присутан је све већи тренд оптимизације процеса производње са циљем смањења трошкова и повећања енергетске ефикасности производних предузећа. Мониторинг и техничка дијагностика се примјењују при одређивању: радног стања машина, степена оштећења, поузданости и ефективности производних енергетских система, као и прогнозе преосталог вијека кориштења, квалитета производње (експлоатације) и ефективности одржавања енергетских постројења. За случај дијагностицирања обртних машина у радном режиму могу се открити узроци проблема у самој фази његовог настанка и надzirати њихов даљи раст, утицати на смањење њиховог даљег развоја и тако смањити број застоја надзираног система. У овом раду приказане су неке дијагностичке анализе које су рађене на машинама у реалним условима њихове експлоатације уз примјену савремених вибродиагностичких метода.

Кључне ријечи: Мониторинг, дијагностика обртних машина, напредне методе вибродиагностике

1. УВОД

Рад опреме у одређеном временском периоду под условима диктираним оптимизацијом процеса може се неповољно одразити, јер иста када се отклоне поједини процесни лимити ради под другачијим механичким условима. Такав рад врло често резултира повећаним напрезањима у елементима опреме, посебно ротационим машинама и доводи до брже деградације механичког стања. Ова се чињеница врло често занемарује те се са повећањем трошкова одржавања и поправки, као и губицима због застоја у производњи, анулирају позитивни резултати постигнути оптимизацијом процеса, приказано на сл.1.



Сл. 1. Избор радне тачке процеса зависно од прихода производње и трошкова одржавања [2].

Претходно речено вриједи и у случају рада постројења без претходне оптимизације процеса. Рад машина под механички и процесно неповољним условима генерише промјенљива напрезања материјала што доводи до оштећења склопова машине, појаву пукотина и ломова са често катастрофалним последицама [1].

Примјеном напредних метода вибродиагностике могуће је дијагностицирати узрок проблема у самој фази његовог настајања и утицати на његов даљи раст. Уз постојање система за сакупљање (и анализу) релевантних података мора постојати и организацијски систем управљања машинама који јасно дефинише ко добија на увид које податке и ко на темељу њих доноси одговарајуће одлуке. Непосредним праћењем и анализом стања добија се квалитетан увид у стање машине те се спроводе акције одржавања кад је стварно потребно, тј. спроводе се на основу стања машине. На тај начин управљамо машинама и процесом у цјелини што резултира повећању расположивости и искористивости машина и погона, смањују трошкови и повећању профитабилности, што је услов за тржишно пословање [2].

1. МЕТОДЕ ТЕХНИЧКЕ ДИЈАГНОСТИКЕ

Дијагностицирање техничког система може се вршити у радном и стационарном режиму.

Методe техничке дијагностике у радном режиму
Вибродиагностичке методе
Надзор и анализа буке
Надзор и анализа параметара премјештања и ширења
Надзор и анализа технолошких параметара
Анализа температурног поља
Анализа уља и честица насталих хабањем
Анализа струјног сигнала
Анализа парцијалних пражњења
Анализа магнетног поља
Анализа продуката сагоревања
Анализа корозије

Сл. 2. Методе техничке дијагностике у радном режиму машина [2].

Код стационарног дијагностицирања машина се мора зауставити и демонтирати а свака компонента система посебно испитати. Углавном се то изводи при већим застојима а врши се контрола материјала (ултразвук, радиографија, и др.), узорковање материјала за утврђивање структуре и механичких особина и оптичко тестирање (ендоскопија, магнетофлукс, испитивање пенетрантима, и др.). За одређивање карактеристика и стања електричних машина користе се посебне испитне платформе а такође је све више у употреби и испитивање трансформатора ударним таласом напона.

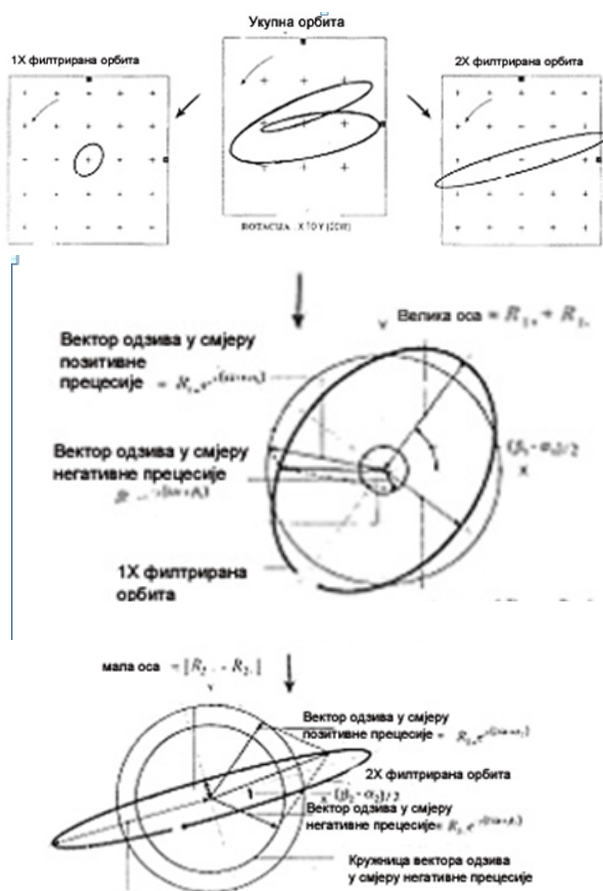
За случај дијагностицирања обртних машина у раду, примјеном напредних метода вибродијагностике могу се открити узроци проблема у самој фази његовог настанка и надзирати њихов даљи раст, утицати на смањење пропагације оштећења и тако се значајно може смањити број застоја надзираног система.

3. НАПРЕДНЕ МЕТОДЕ ВИБРОДИЈАГНОСТИКЕ

Овдје ће бити приказане неке од вибродијагностичких метода које се најчешће користе за рану детекцију настанка оштећења и праћење даљег раста одређеног проблема у раду машине.

3.1. Орбитална (дуална) анализа

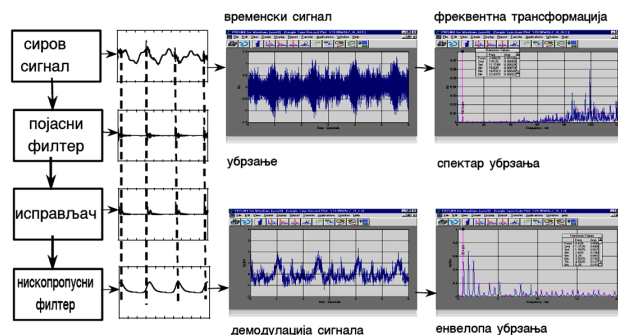
Ова анализа се примјењује када је потребно пратити понашање система упоредо са два независна канала. Она се углавном користи код праћења и анализе роторних вибрација, код машина које имају клизне лежајеве [3].



Сл. 3. Приказ настајања орбите од 1X и 2X филтрираних орбити [3].

3.2. СЕД анализа

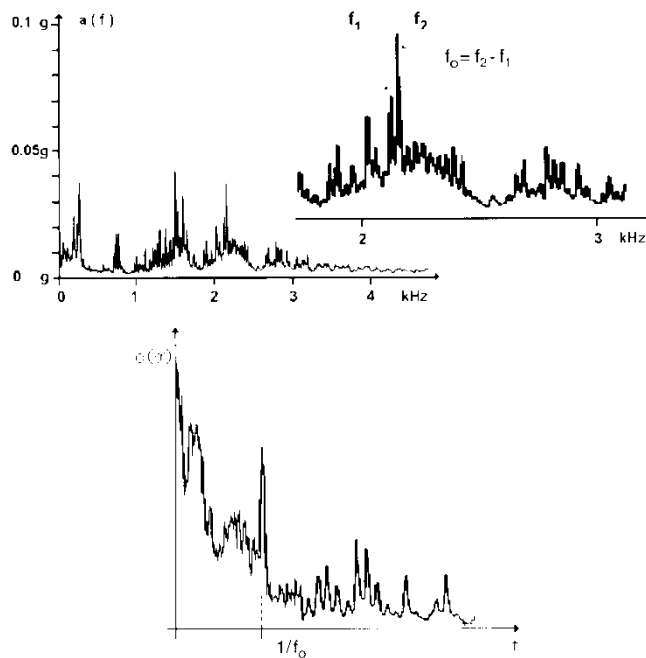
Детекција селективне енvelopeје моћна аналитичка метода која издваја и анализира вискофреквентне модулисане сигнале. Користи се код детекције оштећења котрљајућих лежајева, зупчаника, код надзирања кавитације, индуктивности мотора и др [4].



Сл. 4. Начин добијања и приказ спектра енvelopeираног убрзања [4].

3.3. Кепстрална анализа

Код ротационих машина често присутне, модулатије основне динамичке појаве доводе до стварања хармонијских компоненти око фреквенције основне појаве. Ова анализа се користи код детекције оштећења зупчаника, лежајева и др. [5].



Сл. 5. Приказ кепстра [5].

3.4. SEE анализа

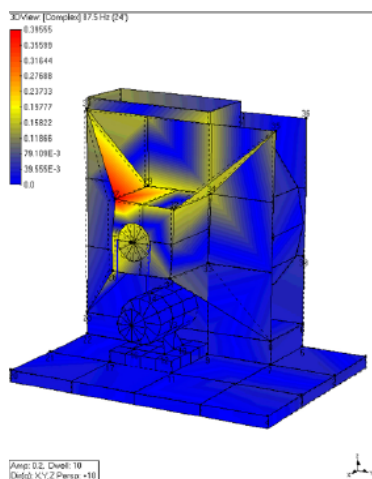
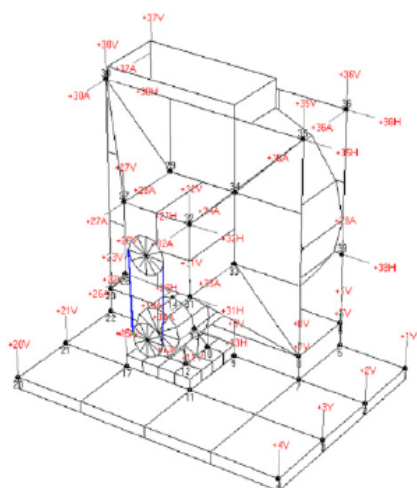
SEE је SKF-ова метода за детекцију отказа лежајева и зупчаника у раној фази отказа, као и за детекцију кавитације, трења, пукотина, електричних проблема и др. Ова метода се фокусира на израчунавање укупне енергије спектра за високи фреквентни ранг, обично фреквенције између 150-500 kHz. Она уствари даје енvelopeирани акустични емисиони спектар.

Интензитет оштећења се израчунава у SEE јединицама. За мјерење SEE користе се специјални акустични сензори који региструју ултразвучне таласе

опсега 150-500 kHz. СЕЕ представља једну од најбољих метода за детекцију оштећења лежајева у раној фази настајања јер може да региструје микроскопска оштећења површина. Вибрације које се генеришу при таквим оштећењима не могу се мјерити стандардним методама дијагностике [6].

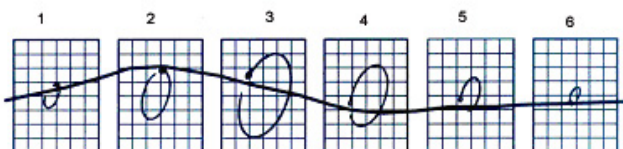
3.5. Модална анализа

У принципу модална анализа може бити операциона и класична модална анализа. Операциона модална анализа се спроводи у раду машине. Спровођењем ове анализе можемо одредити комплексну преносну функцију система изазвану силама у реалним условима рада [7].



Сл.6. Виртуална помјерања машине добијена кориштењем операционе модалне анализе [7].

Такође, кориштењем орбита на различитим мјестима уздуж осе ротора (обично близу лежајева), посебно код великих (дугачких) и комплексних турболинија као што су нпр. велики турбогенератори, може се спајањем Кеуфаза тачака добити изглед еластичне осе ротора.



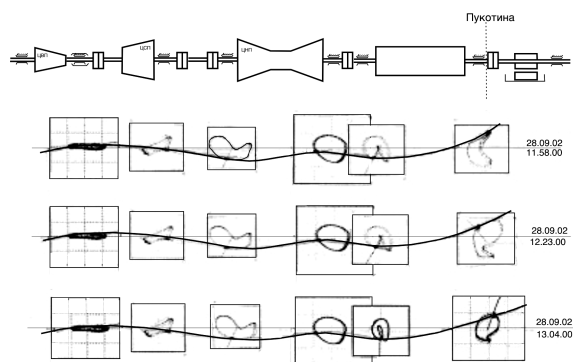
Сл. 7. Изглед еластичне (модалне) линије ротора [7].

4. ДИЈАГНОСТИЧКЕ АНАЛИЗЕ ИЗ ПРАКСЕ

Овдје су приказани неки од резултата дијагностичких анализа из праксе која су рађена уз кориштење претходно поменутих напредних метода вибродијагностике.

4.1. Анализа орбите и еластичне линије ротора турбогенератора

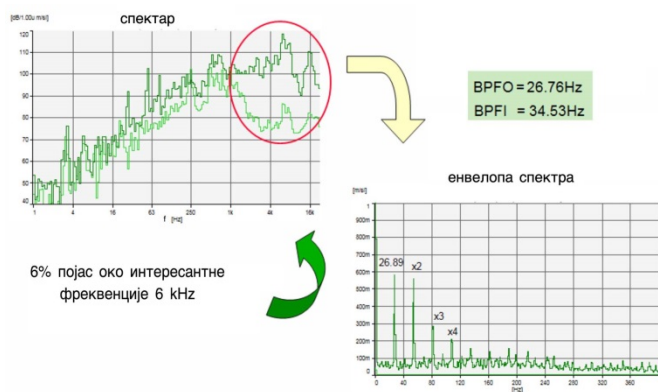
Анализом еластичне линије турбогенератора и изгледом појединих орбиталних приказа роторних вибрација на лежајевима могуће је у раној фази утврдити постојање одређеног проблема у раду и дијагностицирати његов узрок. Овдје је приказана анализа еластичне линије ротора турбогенератора услед пропагације пукотине ротора у њему [8,9].



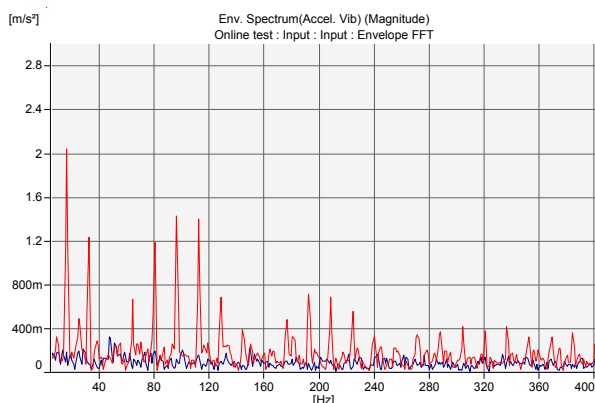
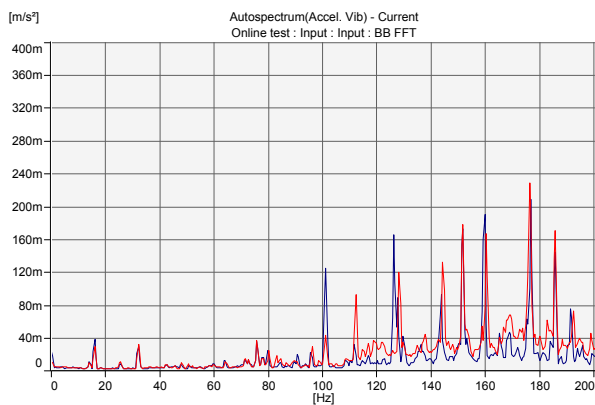
Сл. 8. Изглед еластичне (модалне) линије ротора са придруженим орбитама током пропагирања пукотине у ротору [8].

4.2. Анализа енвелопе

Овдје је приказан енвелоп спектрални приказ који на једноставан и недвосмислен начин указује на оштећење котрљајног лежаја [10].



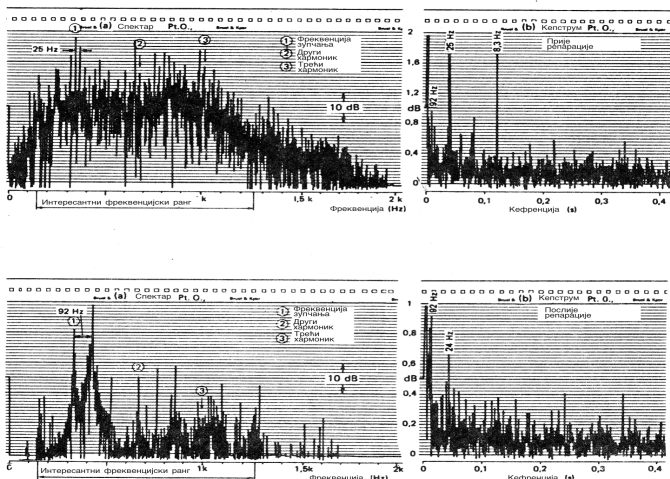
Сл. 9. Упоредни приказ CPB спектра и енвелоп спектра (централне фреквенције 6 kHz и фреквентног ранга ширине 6%), код оштећења спољашње стазе лежаја [10].



Сл. 10. Упоредни приказ спектра и енвелоп спектра код оштећења зупчника [10].

4.3. Кепстрална анализа

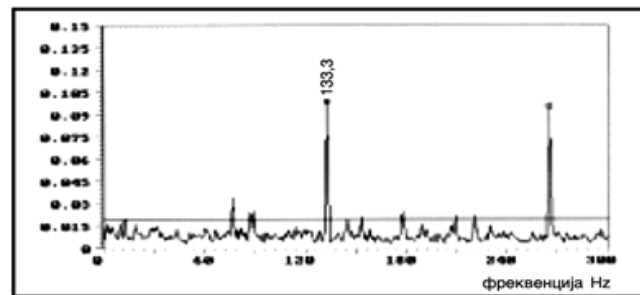
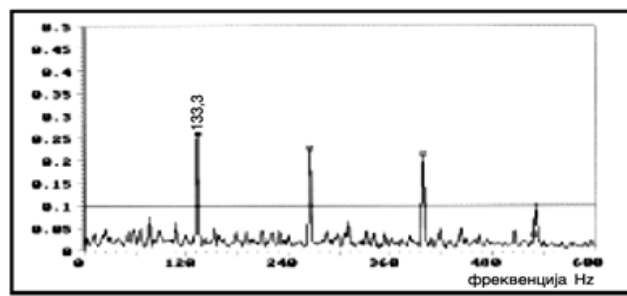
Овдје је приказан изглед спектра и кепстра код оштећеног и неоштећеног зупчника [10].



Сл. 11. Изглед спектра и одговарајућег кепстра зупчника прије и после ремонта [10].

4.4. SEE анализа

Овдје је приказан упоредни приказ енвелоп спектра и SEE спектра код оштећења котрљајног лежаја [10].



Сл. 12. Приказ енвелопе убрзања и SEE спектра код оштећења унутрашње стазе котрљајућег лежаја [10].

5. ЗАКЉУЧАК

Развојем микропроцесорске технологије и на њој заснованог дигиталног процесирања сигнала, омогућује изградњу трајних on-line система надзора, који вибрацијске и остале сигнале обрађују практично у реалном времену. Примјеном савремених метода техничке дијагностике могуће је утврди:

- када и гдје је настало оштећење (техничка дијагностика)
- процијенити како ће се оштећење даље развијати током времена, те процијенити вријеме до дефинитивног отказа (техничка прогностика)
- утврдити узрок квара (техничка генетика)

Овакав вид надзирања машина у процесу производње омогућује да у сваком тренутку имамо увид у "здравље" машине, тако да можемо "управљати машинама", што је један од битних предуслова за оптимизацију процеса производње у цјелини и повећања енергетске ефикасности производних предузећа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bently Nevada, Predictive maintenance: How the pieces fit together, Orbit, Vol.7, No.2, June 1986
- [2] R. Antunovic, "VIBRODIAGNOSTICS OF ROTATION MACHINES", 10th ANNIVERSARY INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACCOMPLISHMENTS IN ELECTRICAL AND MECHANICAL ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY-DEMI 2011, B. Luka, Proceedings, pp. 221-228.
- [3] Agnes Muszynska, Ph.D., VIBRACIONAL DIAGNOSTICS OF ROTATING MACHINERY MALFUNCTIONS, The Course in "Rotor Dynamics and Vibration in Turbomachinery", 21-25 Septembar 1992

- [4] Enveloping Technology For Fast And Accurate Bearing Analzsis, REVOLUTIONS, A Publication of SKF Condition Monitoring, Vol.3, Number 2
- [5] Cepstrum Analysis, Bruel&Kjaer, Licture Note BA 7076
- [6] Vibracion Diagnostic Guide, SKF Reliability System, Application Note CM5003
- [7] Ward Heylen, Stefan Lammens, Paul Sas, Modal Analysis Theory and Testing, Kathoolieke Universiteit Leuven, 1997
- [8] R. Antunović, M. Skoko, "OPTIMIZACIJA METODA TEHNIČKE DIJAGNOSTIKE", YUKOcigre 2007. god.
- [9] mr Ranko Antunović, "IMPLEMENTACIJA CDS (KOMPJUTERSKO DIJAGNOSTIČKOG SISTEMA) U TE GACKO", 8 Kongres JISA, Herceg Novi, jun 2003
- [10] Multi-channel & multi-task Analyzer-PULSE, Bruel&Kjaer advanced training course, held in Budapest, Hungary, on 14-16 June 2005

Abstract – Recently, there is an increasing trend of optimization of the production process to reduce costs and increase energy efficiency of manufacturing companies. Monitoring and technical diagnostics are applied to determine: machinery operating status, degree of damage, reliability and efficiency of the power system, as well as predictions of the remaining useful life, the quality of production (exploitation) and the effectiveness of the maintenance of energy plants.

**APPLICATION OF MODERN METODS
VIBRODIAGNOSTICS ROTATING
MACHINERY IN ORDER TO INCREASE
ENERGY EFFICIENCY**

Ratko Joksimović