

ANIMACIONO ISPITIVANJE U FUNKCIJI POUZDANOSTI NOSEĆE KONSTRUKCIJE POSTROJENJA

Đerđ Varju¹
Ljiljana Tadić²
Katinka Harkai³

UDK: 534-16 : 627.534

DOI: 10.14415/zbornikGFS22.013

Rezime: U radu je dat prikaz metode animacionog ispitivanja vibracija noseće konstrukcije postrojenja sa primerom primene na jednom crpnom agregatu, na kome su primećene prekomerne vibracije. Za utvrđivanje uzroka povećanih vibracija i za sanaciju iste primenjena je procedura sa metodološkim pristupom, ispitivanje-analiza-dijagnoza-sanacija. Utvrđeni su mesto, vrsta i stepen neispravnosti a time i adekvatni sanacioni zahvati. Nakon izvršene sanacije, ispitivanja su ponovljena u cilju provere uspešnosti preduzetih sanacionih mera.

Gljučne reči: Vibracije mašina, analiza frekventnog spektra vibracija, animaciono ispitivanje vibracija, sanacija vibracija mašina.

1. UVOD

Pouzdana funkcionisanje postrojenja je u neposrednoj vezi sa vibracijom istog. Prekomerne vibracije usled neke neispravnosti povećavaju mogućnost neočekivanog otkaza. Za utvrđivanje uzroka neželjenih povećanih vibracija postrojenja i noseće konstrukcije najefikasnija metoda je analiza frekventnih spektara vibracija. Ovom metodom se lako identifikuju neispravnosti na postrojenju (neuravnoteženost, nesaosnost, oštećenja ležajeva, itd.) i na nosećoj konstrukciji. Međutim, da bi se uzrok povećanih vibracija noseće konstrukcije mogao uspešno otkloniti, moraju se precizno odrediti mesta neispravnosti i mogući sanacioni zahvati. U tome pomaže animaciono ispitivanje vibracija (ODS). Ono u stvari daje prikaz kako se postrojenje i noseća konstrukcija pomeraju na određenoj frekvenciji pri radu i na taj način pomaže u određivanju vrste i mesta neispravnosti. U radu je animaciono ispitivanje primenjeno na rešavanju problema prekomerne vibracije jednog crpnog agregata (slika 1.), koje se nalazi u pogonu JKP Subotičke toplane. Ono je novo postavljeno i odmah nakon puštanja u rad na njemu su primećene velike vibracije. Za utvrđivanje uzroka povećanih vibracija i za sanaciju iste primenjena je procedura sa metodološkom pristupom, ispitivanje-analiza-dijagnoza-sanacija. Sve to sa ciljem da se obezbedi pouzdano funkcionisanje postrojenja.

¹ mr Đerđ Varju, dipl. inž. građ., Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel: 024/554-300, e-mail: varjugv@gf.uns.ac.rs

² mr Ljiljana Tadić, dipl. inž. građ., Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel: 024/554-300, e-mail: tadic@gf.uns.ac.rs

³ Katinka Harkai, student Građevinskog fakulteta u Subotici, Kozaračka 2a, tel: 024/554-300, e-mail: harkaikatinka@gmail.com

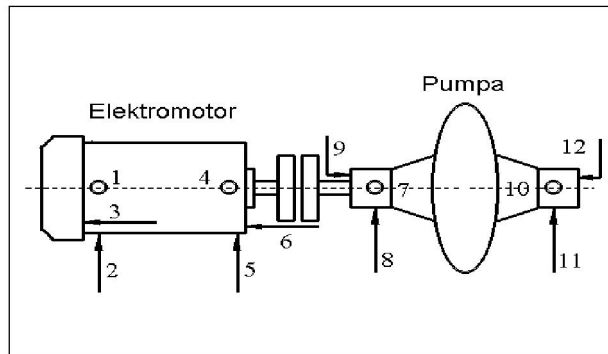


Slika 1. Ispitani crpni agregat

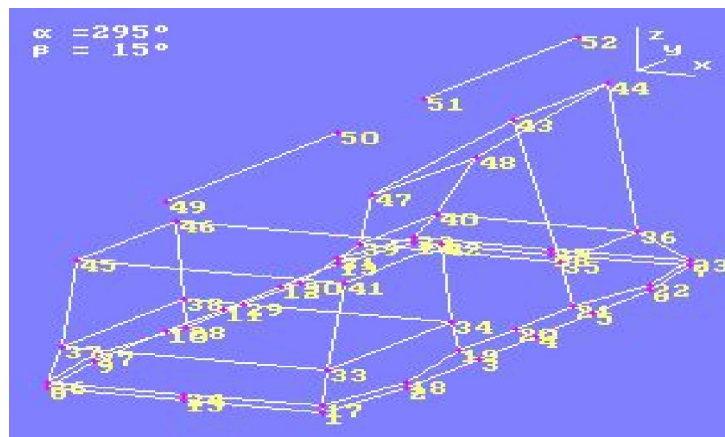
2. ISPITIVANJA

Od ispitivanja prvo je izvršeno snimanje frekventnih spektara vibracionih brzina i ubrzanja sa kućišta ležajeva u tri ortogonalna pravca. Šematski prikaz mernih mesta se vidi na slici 2. Cilj ovih ispitivanja je utvrđivanje uobičajenih (mašinskih) neispravnosti te vrste agregata, kao što su oštećenja ležajeva, neuravnoteženost, nesaosnost, itd. Ova ispitivanja se mogu vrlo lako i brzo uraditi, ne zahtevaju pripremne aktivnosti pre merenja i brzo dovode do identifikacije neispravnosti. Snimak frekventnog spektra vibracione brzine sa mernog mesta MM-1 (1 ležaj, vertikalni pravac) je dat na slici 6 (spek-1). Analizom snimaka je došlo do dijagnoze da postoji nesaosnost vratila elektromotora i pumpe. Sanacija te neispravnosti je precizno (lasersko) podešavanje saosnosti (PSO) vratila, što je i urađeno. Nakon toga je ponovljeno prvo ispitivanje u cilju provere uspešnosti. Snimak frekventnog spektra vibracione brzine na istim mernim mestima dat je na slici 6 (spek-2). Došlo je do smanjenja vrednosti vibracione brzine na frekvenciji oko 20 Hz sa 8.6 mm/s na 6.4 mm/s. Međutim ova vrednost je još uvek prekomerna, tj pouzdan rad postrojenja nije obezbeđen. S obzirom da mašinske neispravnosti više nema, problem treba tražiti dalje u nosećoj konstrukciji.

Za ispitivanje noseće konstrukcije korišćeno je animaciono ispitivanje vibracija. Ovo već zahteva pripremne radove. Prvo treba odrediti položaj mernih mesta u jednom usvojenom prostornom Dekartovom kordinatnom sistemu, koji je vezan za noseću konstrukciju. Pri izboru mernih mesta bitno je da ona pri merenju budu dostupna i da pri analizi pružaju dovoljne informacije za otkrivanje neispravnosti. Broj mernih mesta treba pažljivo odrediti, jer preveliki broj neće poboljšati značajno tačnost rezultata merenja ali će povećati obim pripremnih radova. Nakon određivanja mernih mesta na nosećoj konstrukciji pravi se geometrijski model na računarskom programu. Svakom čvoru modela odgovara po jedno merno mesto na konstrukciji. Na računarskom modelu čvorove spojimo tzv. elementima (linijama), da bi lakše prepoznali lokaciju mernih mesta na animacionoj slici. Šema geometrijskog modela data je na slici 3.



Slika 2. Merna mesta na crpnom agregatu



Slika 3. Šema geometrijskog modela

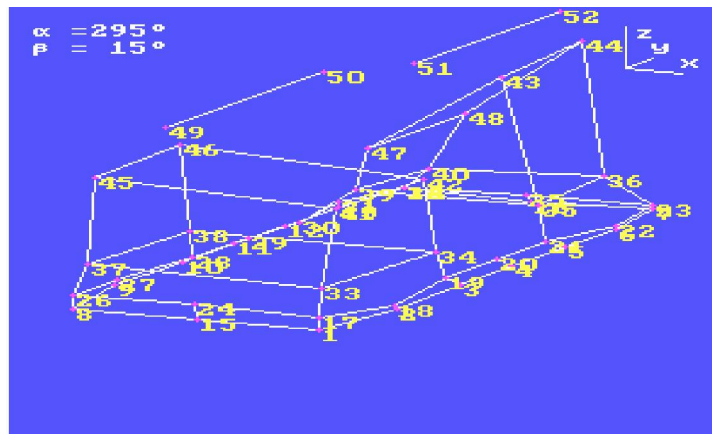
Nakon formiranja modela sledi snimanje vibracionih parametara sa mernih mesta konstrukcije u pravcima kordinantnih osa x, y i z. Ti parametri su amplitude vibracija na određenim frekvencijama, za koje želimo izvršiti analizu i odgovarajući fazni ugao. Te frekvencije - koje sami biramo - su u stvari one, koje dominiraju na frekventnim spektrima. To je prvenstveno frekvencija broja obrtaja mašina, zatim prvi, drugi i viši harmonici iste. Pri snimanju neophodno je da se tehnički parametri postrojenja (broj obrtaja, opterećenje) ne menjaju radi tačnosti analize. U ovom slučaju snimanje je vršeno na frekvenciji broja obrtaja mašina, jer se svugde po toj frekvenciji javila najveća amplituda.

3. ANALIZA

Analiza se vrši pomoću računarskog programa. Prvo se vibracioni parametri sa mernih mesta dodaju odgovarajućim čvorovima računarskog modela. Računarski program pomoću tih vibracionih parametara formira animacione slike i tabele. Tabele sadrže amplitude pomeranja pojedinih čvorova u pravcima x, y i z, kao i fazne uglove, na određenim frekvencijama. Analiza noseće konstrukcije se vrši posmatranjem tih

animacionih slika i amplituda u tabelama. Najlakše je primetiti labavost između spojenih konstruktivnih elemenata. U tom slučaju kretanja spojenih delova (tj. susednih čvorova) se značajno razlikuju. Pucanja i lom u nosećoj konstrukciji se isto mogu detektovati, po potrebi treba uzeti dodatne čvorove u okolini sumnjivih mesta.

Na slici 4 je prikazana animaciona slika geometrijskog modela crpnog agregata u jednom karakterističnom trenutku. Računarski program daje mogućnost posmatranja modela iz raznih uglova, kao i povećavanje nekih delova. Detaljnom analizom modela može se primetiti značajna razlika pomeranja čvorova u vertikalnom pravcu između gornje ivice temeljnog bloka (čv. 1-14) i donje ivice postolja (čv. 17-22 i 26-32). Naravno, to je mnogo preglednije i vidi se izraženije na uvećanoj pokretnoj (animacionoj) slici.



Slika 4. Animaciona slika geometrijskog modela crpnog agregata

4. DIJAGNOZA

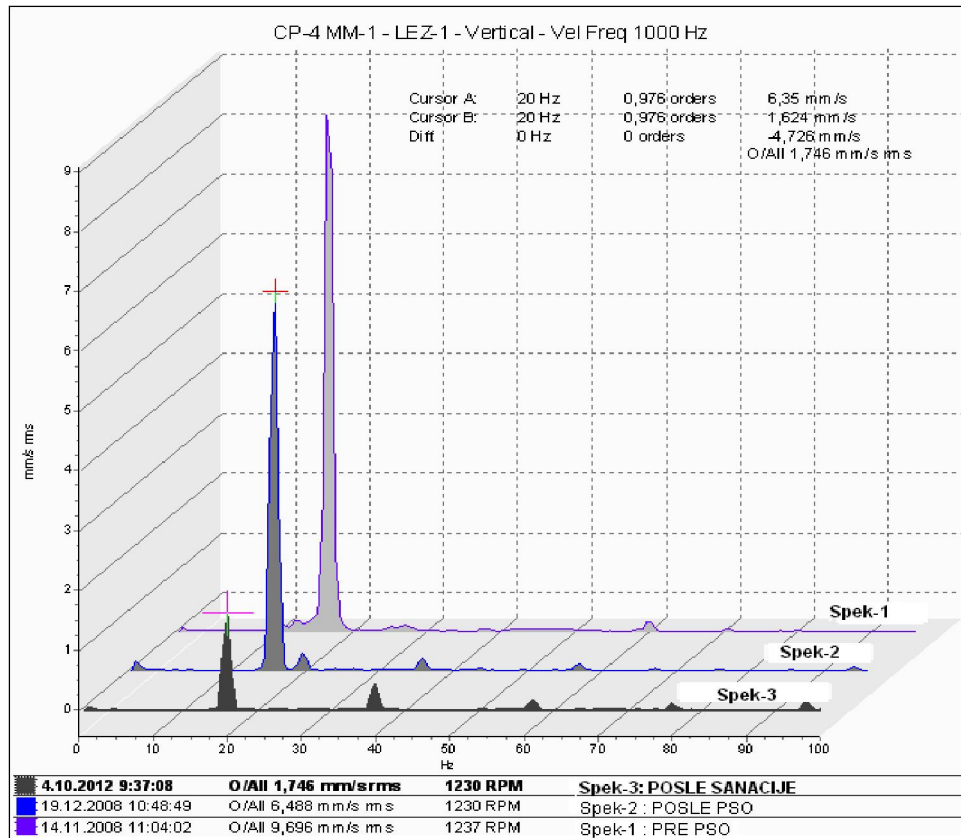
Analizirajući animacionu sliku na frekvenciji radnog broja obrtaja i odgovarajuće amplitude u tabeli može se zaključiti da postolja agregata nije dovoljno kruto u vertikalnoj ravni. Vizuelnim pregledom donjeg dela postolja (koje je od livenog gvožđa), mogu se primetiti značajne promene debljine liva, sitna oštećenja na livu, kao i geometrijske greške. Ovi nepovoljno utiču na vibracijski režim agregata.

5. SANACIJA

Posmatrajući lokalne okolnosti povećavanje krutosti postolja agregata najlakše je izvesti povezivanjem donje ivice postolja sa temeljnim blokom. Korektno rešenje bi bilo vezu ostvariti epoksidnom smolom, što predstavlja jedno prilično skupo, vremenski zahtevno ali trajno rešenje. S obzirom da je grejna sezona već počela, korisnik je tražio brzo i jednostavno rešenje, koji ne zahteva zaustavljanje postrojenja. Jedno takvo rešenje je ukucavanje tankih čeličnih pločica (debljine 0.5-1.0 mm) između postolja i temeljnog bloka (vidi sliku 5). Ovo rešenje je izabrano i sprovedeno.



Slika 5. Detalj sanacije crpnog agregata



Slika 6. Frekventni spektri vibracione brzine sa MM-1 pre, posle PSO i posle sanacije

Nakon izvršene sanacije ponovljeno je snimanje frekventnih spektara vibracione brzine kao i animaciono ispitivanje u cilju provere uspešnosti preduzetih sanacionih mera. Na slici 6 (spek-3) je snimak frekventnog spektra vibracione brzine za ista merna mesta, kao ranije. Vrednosti vibracione brzine na frekvenciji oko 20 Hz iznosi 1.6 mm/s. Ova vrednost, kao i vrednosti na ostalim mernim mestima su već u dozvoljenim granicama, tj. pouzdan rad postrojenja je obezbeđen.

6. ZAKLJUČAK

Kod savremenih konstrukcija se nastoji smanjiti utrošak materijala. Debljina elemenata noseće konstrukcije postrojenja je sve manja. Delovi, vezni elementi i spojevi konstrukcija su opterećeni blizu granica svoje nosivosti bez znatnih rezervi. Greške pri izvođenju konstrukcija ili malo povećavanje dinamičkog opterećenja usled neispravnosti mašina lako dovodi do oštećenja konstrukcija. Posledica je neplanirani zastoj proizvodnje. Stoga je potrebno blagovremeno dijagnosticirati uzroke vibracija kako bi se sprečilo oštećenje i time izbegli veliki troškovi prouzrokovani ne samo oštećenjem već i zastojom proizvodnje. U dijagnosticiranju neispravnosti animaciono ispitivanje vibracija predstavlja jedno efikasno, jednostavno i jeftino rešenje.

Korišćeni instrumenti: vb2000 i SMART METER FS (skupljač podataka i analizator).

Korišćeni računarski program: ASCENT (računarski program za analizu vibracija).

LITERATURA

- [1] Adamović, Ž.: Tehnička dijagnostika u mašinstvu, Naučna knjiga, Beograd, **1991**.
- [2] Rahne, E.: Animaciono ispitivanje mašina, izdavanje d.o.o. PIM, Budimpešta, **2004**.
- [3] Szabó, J., Z.: Primena animacionog ispitivanja u vibrodijagnostici radi povećavanje pouzdanosti rotacione mašine, RTK Szolnok, Mađarska, **2011**.
- [4] Dokumentacija JKP Subotička toplana i S.R. VSA, Subotica, **2008 i 2012**.

OPERATING DEFLECTION SHAPE ANALYSIS IN FUNCTION OF RELIABILITY OF A MACHINE SUPPORT

Summary: *The methodology of analyzing vibration-generated deflection shapes of a machine support is presented in this paper, followed by an example of application on a pump producing excessive vibrations. Methodological approach testing-analysis-diagnosis-repair has been applied in order to determine and eliminate the causes of excessive vibrations. The location, the type and the degree of defect were determined, as well as the appropriate procedure of repair. Following the repair, the tests have been repeated in order to verify the efficiency of the applied remediation techniques.*

Keywords: *Machine vibration, spectrum analysis, Operating Deflection Shape (ODS) analysis, vibration repair.*