

# Nadzor vibracij na hidravličnih pogonskih sistemih

Samo ULAGA

**Izvleček:** Če naj služba vzdrževanja tvorno prispeva k rasti dodane vrednosti v podjetju, mora pri svojem delu upoštevati sodobne strategije preventivnega vzdrževanja in uporabljati metode za nadzor stanja opreme. Ena najbolj uveljavljenih in preizkušenih metod za ugotavljanje stanja opreme je nadzor vibracij.

Spremljanje dinamičnega odziva komponent hidravličnih sistemov, še posebej komponent pogonskega sklopa elektromotor-sklopka-črpalka, omogoča zgodnje ugotavljanje nepravilnosti (npr. ugotavljanje napak ob montaži oz. takoj po njej: neuravnoteženost vrtečih se komponent, zvitost gredi, nesoosnost, toplotno rast komponent, rahle spoje, poškodbe komponent ...) in kasneje med samim obratovanjem (npr. notranje poškodbe črpalk, poškodbe ležajev ...).

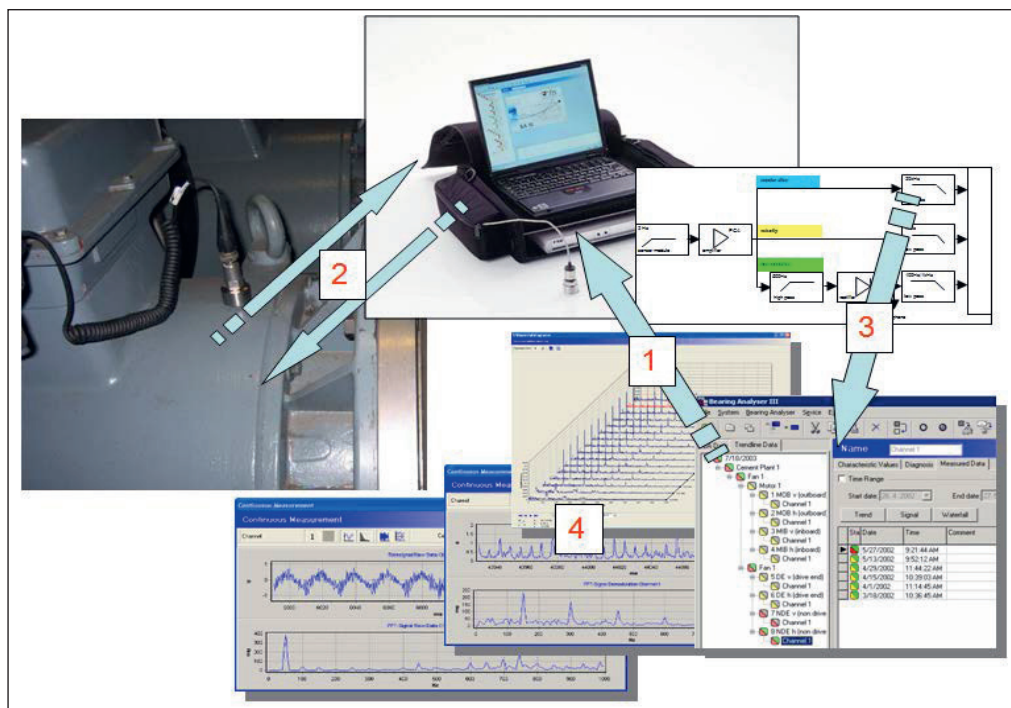
V prispevku so navedeni osnovni principi uporabe metode v okviru programa preventivnega vzdrževanja s poudarkom na analizi vibracij hidravličnih pogonskih sklopov.

**Ključne besede:** analiza vibracij, hidravlika, pogonski sistem, analiza

## 1 Uvod

Nihanje-vibracije so periodično gibanje okoli ravnovesne lege in so posledica neke oblike vzbujanja, brez katerega sistem (v našem primeru stroj ali del stroja) ne bi vibriral. In ravno izvor vzbujanja je tisto, kar nas zanima, ko izvajamo merjenje in analizo vibracij z namenom ugotavljanja stanja strojev.

Merilna mesta so običajno v neposredni bližini ležajev, kot prijemališču sil. Na ohišje namestimo senzorje - pospeškometre (kot to prikazujeta *sliki 1 in 2*). Senzorji zaznajo časovno spreminjanje pospeškov, ki se zabeleži

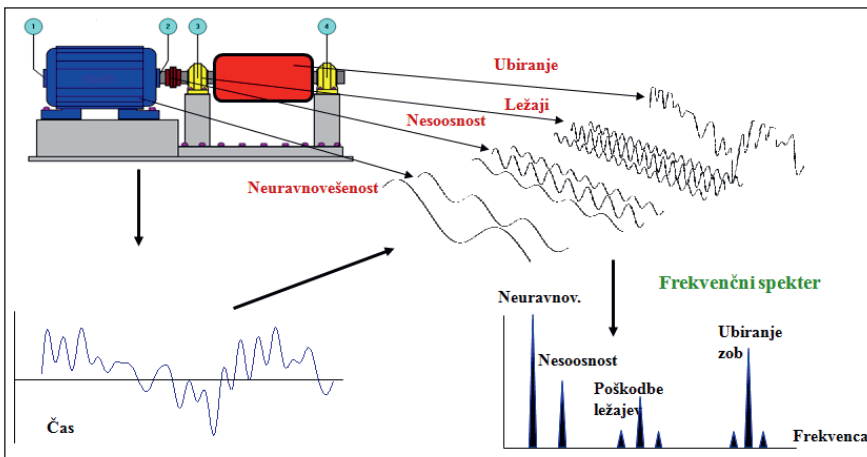


Slika 1. Merilna veriga

v obliki spreminjanja napetosti ali toka. Električni signali se nato s pomočjo naprav za kondicioniranje in uporabniških vmesnikov pretvorijo v takšno obliko, da je mogoča natančna analiza stanja naprave – slika 1.

Posamezen udarec, na primer prehod kotalnega elementa preko poškodovanega mesta na zunanjem obroču ležaja, je že lahko vzrok za pojav takšnih vibracij. Nihanje teles je mogoče izmeriti s pomočjo različ-

Dr. Samo Ulaga, univ. dipl. inž.,  
Univerza v Mariboru, Fakulteta  
za strojništvo



**Slika 2.** Iz časovnega signala v frekvenčni spekter

nih senzorjev, ki mehansko nihanje pretvorijo v električni signal. Poenostavljeno opisano, je oblika časovnega signala odvisna od frekvence in amplitude nihanja. Frekvenca nihanja pove, kako pogosto se nekaj zgodi in nudi informacijo o izvoru vibracij. Amplituda nihanja kaže na obseg vzbujanja in s tem na resnost pojava (slika 3).

Časovni signal, zabeležen na izbranem merilnem mestu, je skupek prispevkov delnih signalov, ki jih tvorijo različni elementi analiziranega sistema. Njegova oblika je kompleksna in od analitika zahteva dobršno mero znanja in izkušenj. Le na ta način bo iz oblike krivulje mogoče razbrati, če gre za naključne ali običajne periodične pojave. Na podlagi spreminjanja signala v odvisnosti od časa je tako mogoče

sklepati o vplivih spreminjajočih se parametrov procesa na frekvenčni odziv obravnavanega sistema.

Drug način obravnave nihanja analiziranega sistema je uporaba frekvenčnega spektra. Časovni signal je s pomočjo matematičnih transformacij pretvorjen v frekvenčni spekter (slika 3). S pomočjo frekvenčnega spektra je mogoče ugotavljati:

- periodične pojave,
- natančno frekvenco in amplitudo pojavov,
- relativno primerjavo amplitud posameznih komponent frekvenc,
- harmonične vzorce,
- opazovati trende ...

Frekvenčni spekter je priznано najbolj poučen parameter meritve,

vendar pa je za njegovo pravilno interpretacijo potrebna dobršna mera znanja in izkušenj.

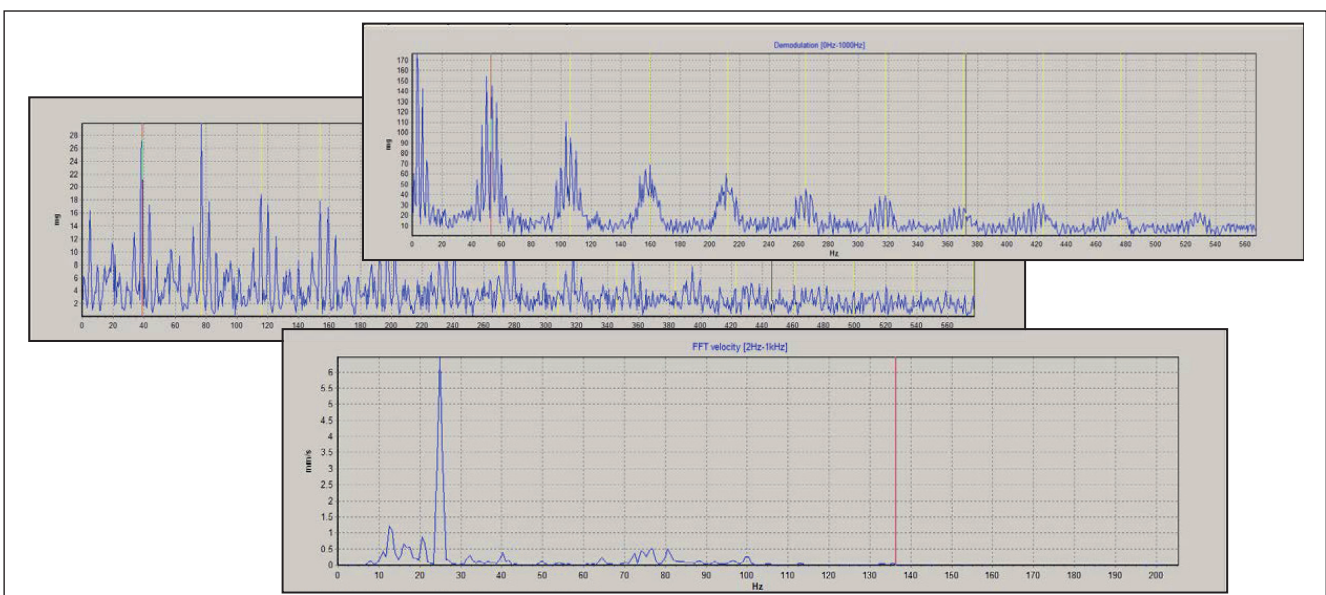
## 2 Uporaba analize vibracij na področju hidravličnih pogonov

Uporaba analize vibracij na področju hidravličnih pogonskih sistemov še ni našla vidnejše uporabe v vsakodnevni praksi. Šele zgodnja dela s tega področja (npr. [3], [4]) in danes izboljšana, uporabniku prijaznejša oprema omogočata uporabo te tehnike na področju vzdrževanja hidravličnih naprav ali njihovih gradnikov.

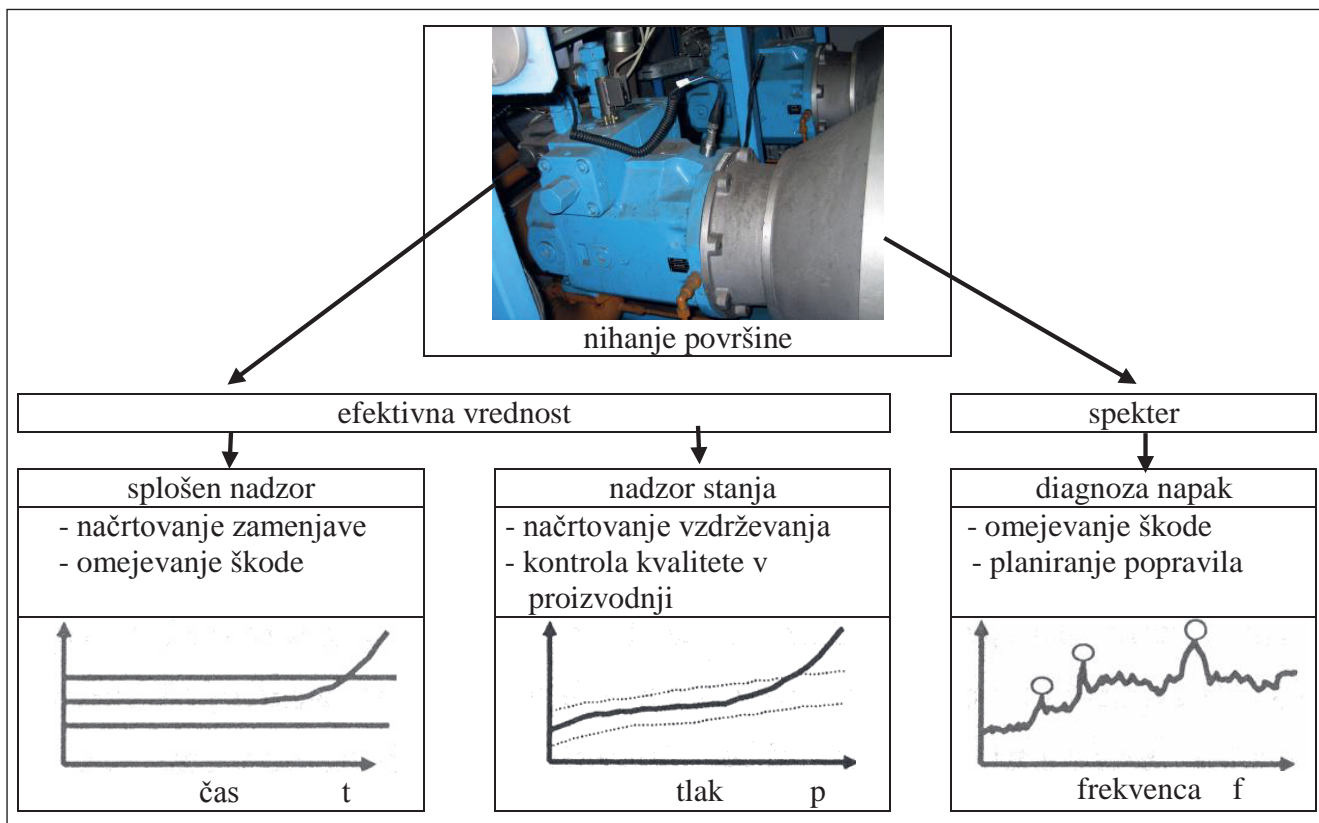
Analize na osnovi signala vibracij telesa enega hidravličnega gradnika omogoča izvedbo potrebnih vzdrževalnih ukrepov. Možne analize so prikazane na *sliki 4*.

Na podlagi učinkovite vrednosti signala nihanja strukture ohišja je možno izvajati *nadzor* npr. katerekoli vrste hidravlične komponente, npr. črpalke. Ob pravočasni zaznavi nastale okvare je možno smiselno načrtovati njeno zamenjavo ali popravilo in tako preprečiti nadaljnje širjenje škode ali posledic.

Snemanje učinkovitih vrednosti v odvisnosti od enega obratovalnega parametra omogoča *nadzor stanja* iztislinske enote v poljubni časovni



**Slika 3.** Primeri spektrov za različne napake



Slika 4. Možnosti analize nihanja površine - strukture telesa hidravlične komponente

točki. Takšen nadzor stanja lahko služi za preverjanje neke enote v okviru načrta vzdrževanja ali pa za kontrolo kvalitete izdelka v proizvodnji [3]. Namesto dolgotrajnega, 8-urnega utekanja črpalke ob merjenju pretoka je po ogrevanju enote možno uporabiti merjenje vibracij preko celotnega področja delovnih tlakov. Na osnovi velikosti izmerjenih vrednosti izbranih merilnih točk z ozirom na mejno krivuljo, izmerjeno na referenčni črpalci, se lahko opredeli kvaliteta merjene enote.

Uporaba takšne metode v praksi tudi kaže, da samo na osnovi črno-belega razlikovanja med »dobro – slabo« stanje črpalke, ne zadošča. Kar hitro se pojavi potreba po dodatni *diagnozi*, ki bi omogočila bolj natančno, ciljno prepoznavanja defekta. Samo ovrednotenje širokopasovnih vrednosti nihanja v ta namen ne zadošča. Popolno oz. zanesljivo diagnosticiranje poškodb je možno izvesti šele na osnovi ovrednotenja frekvenčnega spektra signala nihanja, zajemati pa mora sledeče tri točke:

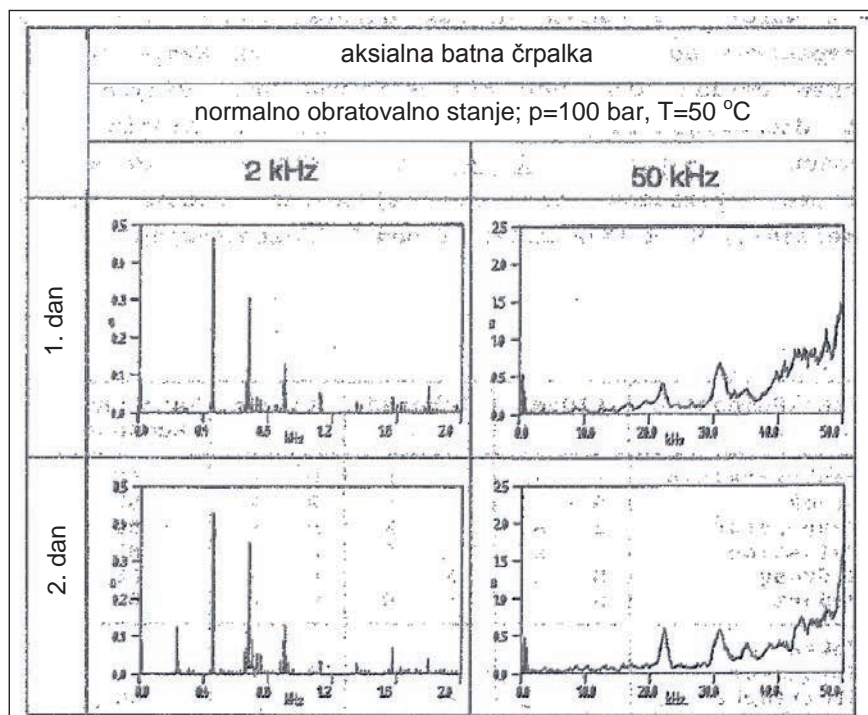
- zanesljivo zaznavanje poškodbe,
- izjavo o vrsti defekta in
- izjavo o razsežnosti defekta.

## 2.1 Diagnostika hidravličnih črpalk ob uporabi analize vibracij

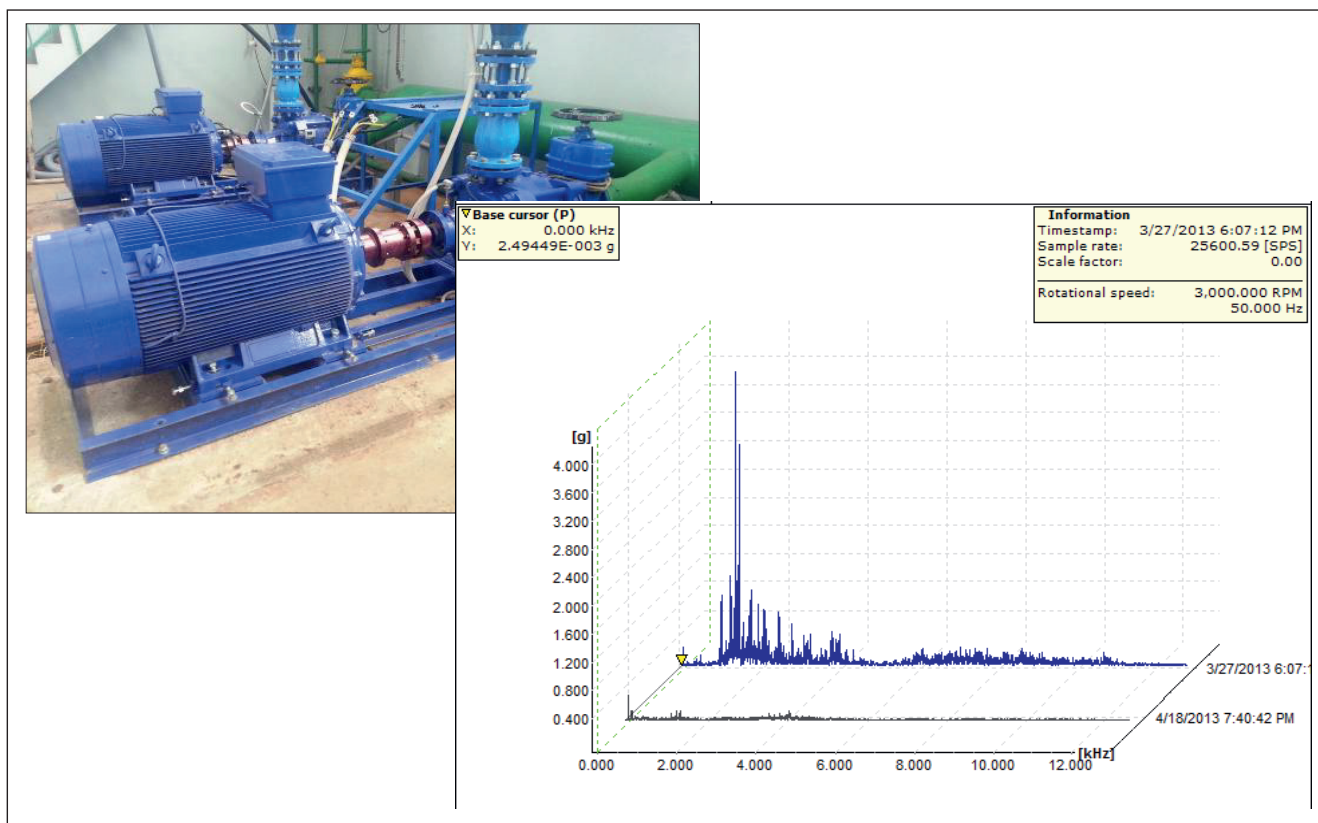
Analiza vibracij je zelo občutljiv postopek za opredelitev stanja črpalke. Še posebej zaradi številnih mo-

tilnih vplivov iz okolice črpalke, kot tudi zaradi lastnih efektov pogojenih z obratovanjem črpalke.

Glavni problem pri uporabi analize vibracij je v številnih, raznolikih informacijah, ki lahko zakrijejo bistvene podatke potrebne za diagnozo.



Slika 5. Reprodukcijske meritve [3]



**Slika 6.** Vpliv pritrditve na vibracijski odziv

Pri tem so na razpolago različne možnosti ovrednotenja signala, ki pa omogočijo, da se prisotna napaka natančno pokaže.

Predpostavka za pravilno in učinkovito prepoznavanje napak črpalke na osnovi uporabe metode merjenja vibracij je poznavanje vibracijskega zapisa naprave pri normalnih obratovalnih stanjih in sprememb, ki se pojavijo v primeru napake. Pri tem se pojavlja vprašanje po ponovljivosti meritve vibracij na hidravličnih črpalkah. *Slika 5* kot primer prikazuje frekvenčne spektre aksialne batne črpalke v izvedbi s poševno osjo izmerjene ob različnih časih pri enakih obratovalnih pogojih in stanju okolice.

Že na prvi pogled lahko ocenimo, da si spektri prikazani na *sliki 5* med seboj niso popolnoma podobni, imajo pa dokaj podoben načelni potek. Za izjavo o podobnosti rezultatov bi vsekakor bilo potrebno uporabiti statistično zasledovanje in ovrednotenje izmerjenih vrednosti čez daljše obdobje, npr. 6 mesecev. Na ta način lahko izločimo različne motilne vplive, podrobneje predstavljene v nadaljevanju.

### 2.1.1 Motilni vpliv okolice črpalke

Signal vsebuje informacije o stanju vsakega sestavnega dela enote. Ob predpostavki, da so vsi mehanski deli med seboj tega povezani in da glede na to dobro prenašajo vibracije, je potrebno upoštevati, da so izvor vibracij tudi drugi deli hidravlične naprave npr.:

- *mehanske motnje*, ki jih povzročajo pogonski elektromotorji ali pa prisotni hidromotorji na napravi, ki razen pulziranja tlaka povzročajo vibracije, ki se preko temeljev oz. cevnega omrežja prenašajo na vse ostale dele naprave. *Slika 6* prikazuje vpliv pritrditve črpalke v procesni industriji na podlago in njen vibracijski odziv. Prva meritev je bila izvedena ob namestitvi črpalke, druga meritev pa po sanaciji neprimerne pritrditve na podlago.
- *pulzacija tlaka v tlačnem vodu* je razen omenjenih mehanskih motenj, ki povzročajo vzbujanje ohišja črpalke preko temeljev, nadaljnji vplivni faktor. Zaradi določenega

števila komor v črpalcki (število vzele med zobmi, prostori med krilci ali število valjev na bobnu batne črpalke), pri katerem vsaka takšna komora povzroči določen pulz iztisnjene tekočine, se pojavi nihanje, ne samo pretoka črpalke temveč tudi tlaka v cevnem omrežju. Zaradi različne impedance cevnega omrežja (predvsem zaradi kapacitivnosti in induktivnosti: količine tekočine v cevi in dolžine ter preseka cevi) ima ob refleksiji s konca cevnega omrežja to nihanje različen povratni učinek. Sprememba na cevem omrežju ima vpliv na pulzacijo tlaka in s tem na vibracije ohišja črpalke.

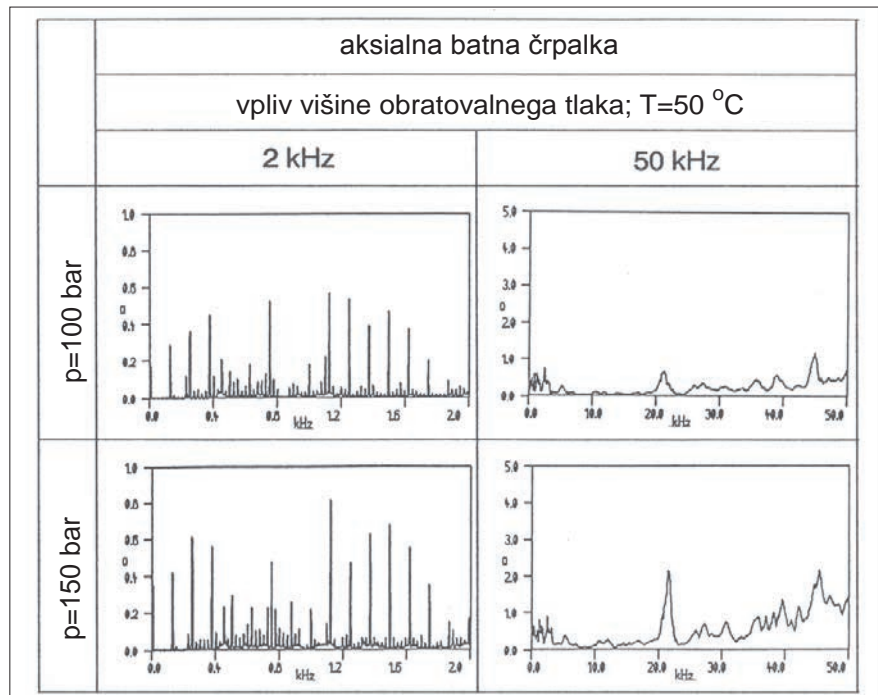
- *električne motnje* zaradi vpliva ostalih električnih naprav in vodnikov, ki se nahajajo v istem prostoru kot objekt merjenja. Vsaki tokovodnik zaradi elektromagnetnega polja, ki ga obdaja inducira napetost, ki ima za posledico nek tok, ki se prekriva z merjenim signalom.
- tudi *izbira merilnega mesta* za namestitvev senzorja pospeškov

igra pomembno vlogo. Odločilnega pomena je potek notranjih sil, pogojenih s porazdelitvijo tlaka v sami črpalki in s točkami prenašanja teh sil preko ležajev na ohišje črpalke. Npr. v primeru zobniške črpalke z zunanjim ozobjem se zaradi spremembe tlaka ob stenah ohišja vedno pojavlja rezultanta sil, ki teži k sesalni strani. Sila se opira na drsnih ležajih kjer je tudi najprimernejše mesto za namestitev senzora.

**2.1.2 Vpliv obratovalnih parametrov**

Na vibracije ohišja črpalke imajo velik vpliv tudi obratovalni parametri kot tlak, temperatura, število vrtljajev in pretok. Pri konstantnih črpalkah gnanih s konstantnim številom vrtljajev sta seveda v ospredju samo še tlak in temperatura kot vplivna faktorja. V primeru frekvenčno reguliranih konstantnih črpalk pride do izraza tudi število vrtljajev in posledično različni pretok.

- obratovalni tlak je pri večini hidravličnih naprav spremenljiv obratovalni parameter. Vsled tega je potrebno dobro poznavanje odvisnosti med frekvenčnim spektrom in njegovim spreminjanjem v odvisnosti



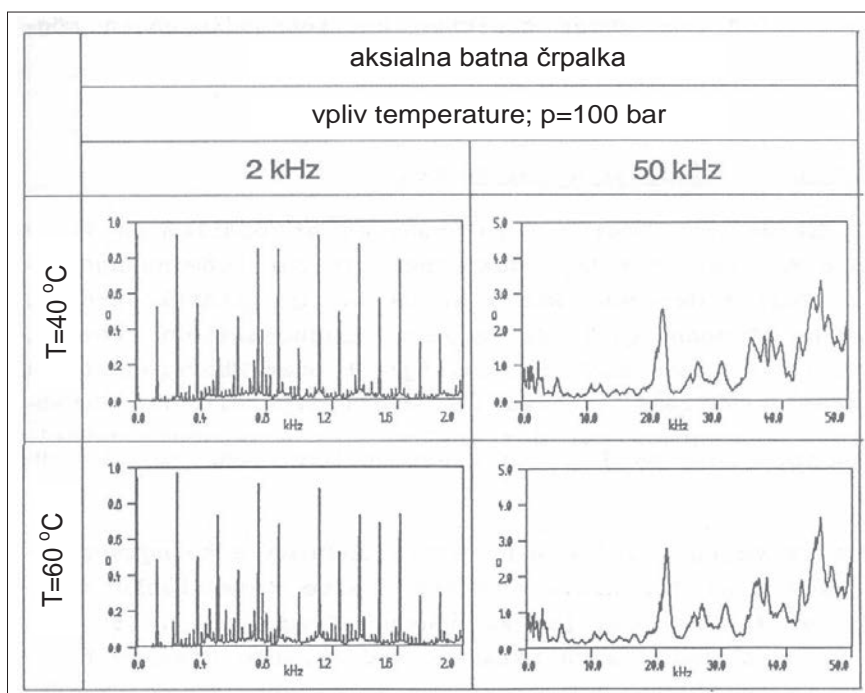
Slika 7. Vpliv višine obratovalnega tlaka [3]

od višine obratovalnega tlaka. Odvisnost oblike frekvenčnega spektra od velikosti obratovalnega tlaka za primer aksialne batne črpalke prikazuje slika 7.

Značilen je širokopasovni porast amplitude iznad 20 kHz, ki se pojavlja kot posledica zaradi višjega tlaka vedno večjega notranjega puščanja (posamezne dokaj široke konice). V nizko frekvenčnem

področju, do 2 kHz, je možno zaslediti posamezne vrhove frekvenc, ki se z rastočim tlakom in s tem ustrezno večjimi notranjimi silami sorazmerno višajo.

- obratovalna temperatura se med obratovanjem redkokdaj spreminja v večji meri. Spremembe temperature se pojavljajo le ob zagonu črpalke oz. ob večji spremembi temperature v okolici. Majhne spremembe temperature imajo za posledico le neznamenit vpliv na spremembo frekvenčnega spektra – slika 8.



Slika 8. Vpliv temperature [3]

Ob upoštevanju opisanih posameznih vplivov, tako okolice kot obratovalnih stanj, lahko rečemo, da imamo ob poznanih spektrih pri teh različnih stanjih kot izhodišču, dobro osnovo za nadaljnjo diagnozo pojava napak.

**2.2 Vpliv napak na potek frekvenčnega spektra**

Za pravilno sklepanje o vrsti napake na osnovi izmerjenega frekvenčnega spektra, je vsekakor potrebno poznati, kako se posamezna napaka pri posamezni vrsti črpalke odraža v spremembi spektra. Vsekakor je pri tem potrebno premisliti katere možne napake se lahko pojavljajo pri posamezni vrsti črpalke. Osnovne

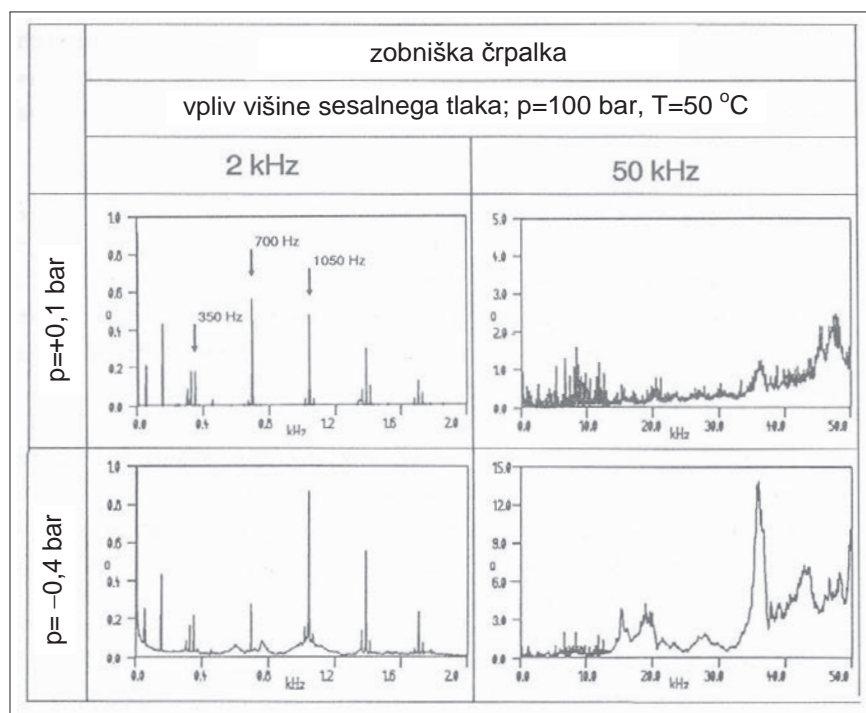
napake je pri tem možno razvrstiti v posamezne skupine: napake, ki jih povzroči potek spreminjanja tlaka v črpalci, napake na kotalnih ležajih in tornih parih, ali npr. napake nastale zaradi pomanjkljive montaže.

### 2.2.1 Vpliv tlaka sesanja

Glavna razlika med analizo vibracij na mehanskih prenosnikih (zobniški pogoni), turbinah in ležajih na eni strani in na hidravličnih napravah na drugi je v tem, da se pri transportu tekočine pojavlja neprestano iztiskanje tekočine iz posameznih komor črpalke, odvisno od oblike komore (izvedba črpalke), števila elementov, ki vrši iztiskanje ..., kar povzroča različne učinke, ki vplivajo na vibracije ohišja črpalke.

Vpliv spremembe velikosti pretoka je npr. zanemarljivo majhen v primerjavi z vplivom pulzacije pretoka in pojavom kavitacije. Npr. sprememba sesalnega tlaka z +0,1 bar na -0,4 bar ima za posledico povečanje hitrosti porasta tlaka v komori črpalke za faktor 1,5, kar se pozna tudi na prikazanem poteku spektra zobniške črpalke na *sliki 9*.

Zmanjšanje sesalnega tlaka odgovarja npr. stanju, ki se pojavi ob spremembi razmer na sesalni cevi npr. njeni zamašitvi oz. zamašitvi sesalnega filtra. Takšna zamašitev povzroči upad tlaka, kar povzroči izločanje,



**Slika 9.** Sprememba sesalnega tlaka in posledično frekvenčnega spektra [3]

izstopanje raztopljenih plinov iz tekočine in posledično pojav kavitacije.

### 2.2.2 Vpliv poškodovanih elementov črpalke

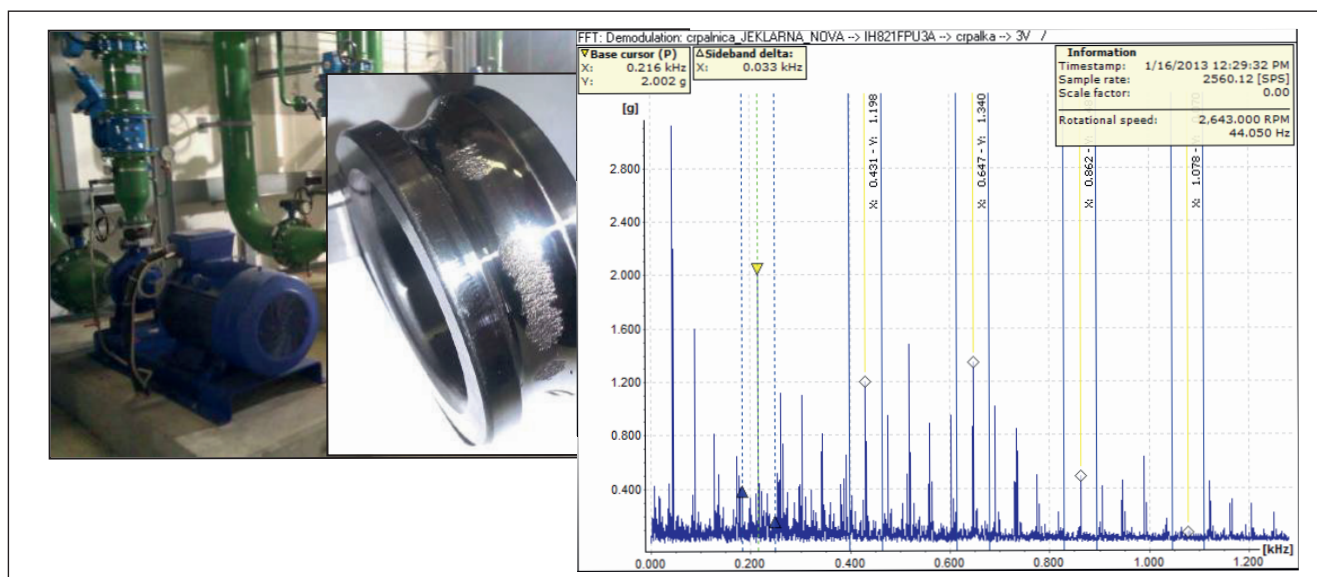
Na vibracijski odziv črpalke lahko bistveno vpliva na primer poškodba enega od kotalnih ležajev. *Slika 10* prikazuje primer črpalke s takšno poškodbo.

### 2.2.3 Ostale vrste napak

Na črpalakah se pojavlja še cela vrsta drugih posebnosti in napak, ki vpli-

vajo na spremembo spektra. Nekatere od teh so splošne, npr. napake montaže, druge pa specifične, vezane na vrsto črpalke.

Npr. različni tujki v olju – delci nečistoče, delujejo erozijsko in med obratovanjem spreminjajo geometrijo na posameznih elementih komponente, npr. geometrijo dušilne zareze na ventilski plošči aksialne batne črpalke s poševno ploščo. Napaka se kaže kot neka vrsta lekaže med sesalno in visokotlačno stranjo črpalke, kar ima za posledico spremembo spektra.



**Slika 10.** Vibracijski odziv obtočne črpalke s poškodbo ležaja

Podoben vpliv imajo nečistoče na splošno obrabo elementov. Kritična mesta obrabe se pojavljajo tam, kjer dva elementa izvajata periodično relativno gibanje in v primeru preobremenitev, ki ima lahko za posledico pretrganje mazalnega filma. Na črpalkah se obraba najprej opazi npr. na stranskih tesnilnih ploščah (t.i. očala) zobniških črpalk, nastanek utorov na drsnem obroču krilne črpalke in/ali na stranskih ploščah, pri batnih črpalkah pa med bobnom in batom, bobnom in ventilsko ploščo, drsnim čevljem in poševno ploščo ter ležajih.

Vsaka od teh obrab na posameznih črpalkah ima za posledico določeno, obrabi značilno obliko spremembe spektra. Na njega prav tako vpliv tudi sprememba obratovalnega stanja ali pa pojav napake, npr. vdor zraka v hidravlični sistem.

Pomembni konstrukcijski elementi v črpalkah so tudi ležaji, pa naj gre za drsne ležaje v zobniških ali krilnih črpalkah ali pa za kotalne ležaje v batnih črpalkah. V vseh primerih služijo vleženju pogonske gredi črpalke. Pri določenih izvedbah črpalk (npr. krilnih) so ležaji zelo malo obremenjeni in zaradi tega tudi niso kritični glede obrabe. Podobno velja za ležaje zobniških črpalk. Pri aksialnih batnih črpalkah mo-

rajo kotalni ležaji prenašati periodične radialne sile, ki se pojavljajo zaradi nagiba osi bobna ali plošče črpalke. Običajno so ti ležaji dovolj dobro dimenzionirani, oz. predimenzionirani z namenom upirati se morebitnim poškodbam zaradi obrabe. Zaradi tega običajno ti ležaji ne predstavljajo kritičnega elementa črpalke. V primeru kakšne napake, npr. izpad enega kotalnega elementa ležaja, pa se to vsekakor pozna na spremenjenem frekvenčnem spektru.

Ležaji na črpalkah običajno niso kritični elementi za opravljanje analize vibracij, lahko pa preko njih, oz. mesta v njihovi bližini zaznavamo vse ostale spremembe, ki smo jih že

omenjali (npr. pravočasna ugotovitev kavitacije).

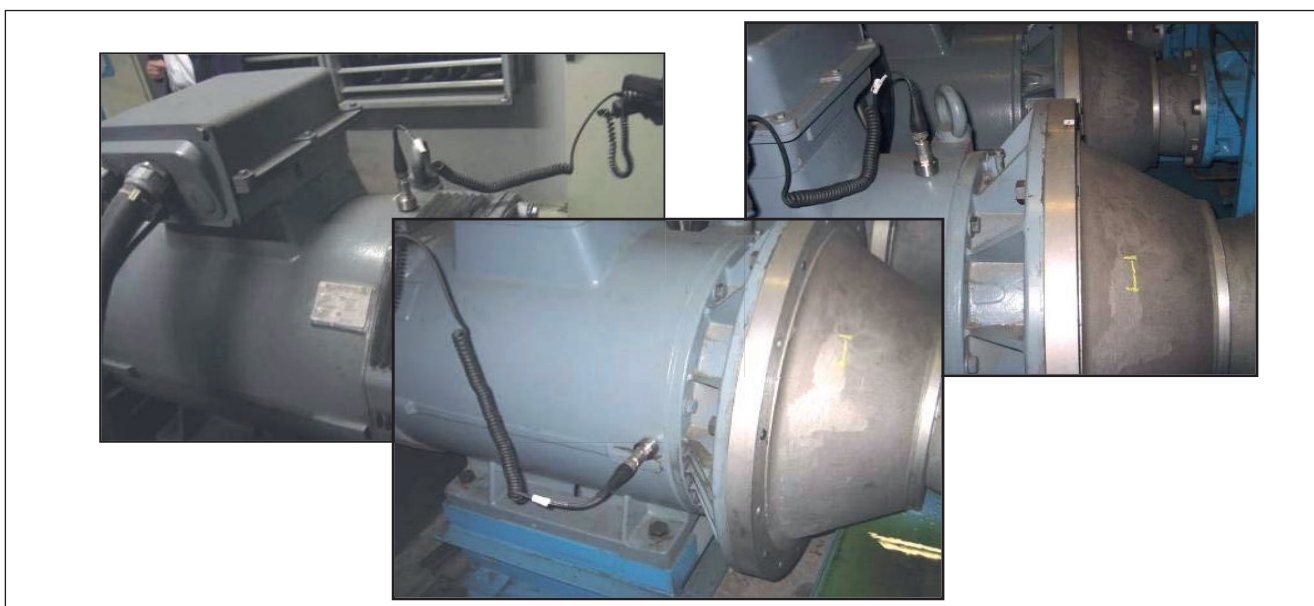
Omeniti moramo tudi še napake, ki so posledica montaže. Te se pojavljajo zaradi nestrokovnega sestavljanja komponent, zgodi se celo, da se kakšen element pozabi. Vzroki za to so lahko nenatančna navodila za montažo ali nepozornost monterja. V takšnih primerih se analiza vibracij izkaže kot zelo učinkovito sredstvo kontrole kvalitete izdelka – agregata.

### ■ 3 Analiza vibracij črpalk večjega industrijskega agregata

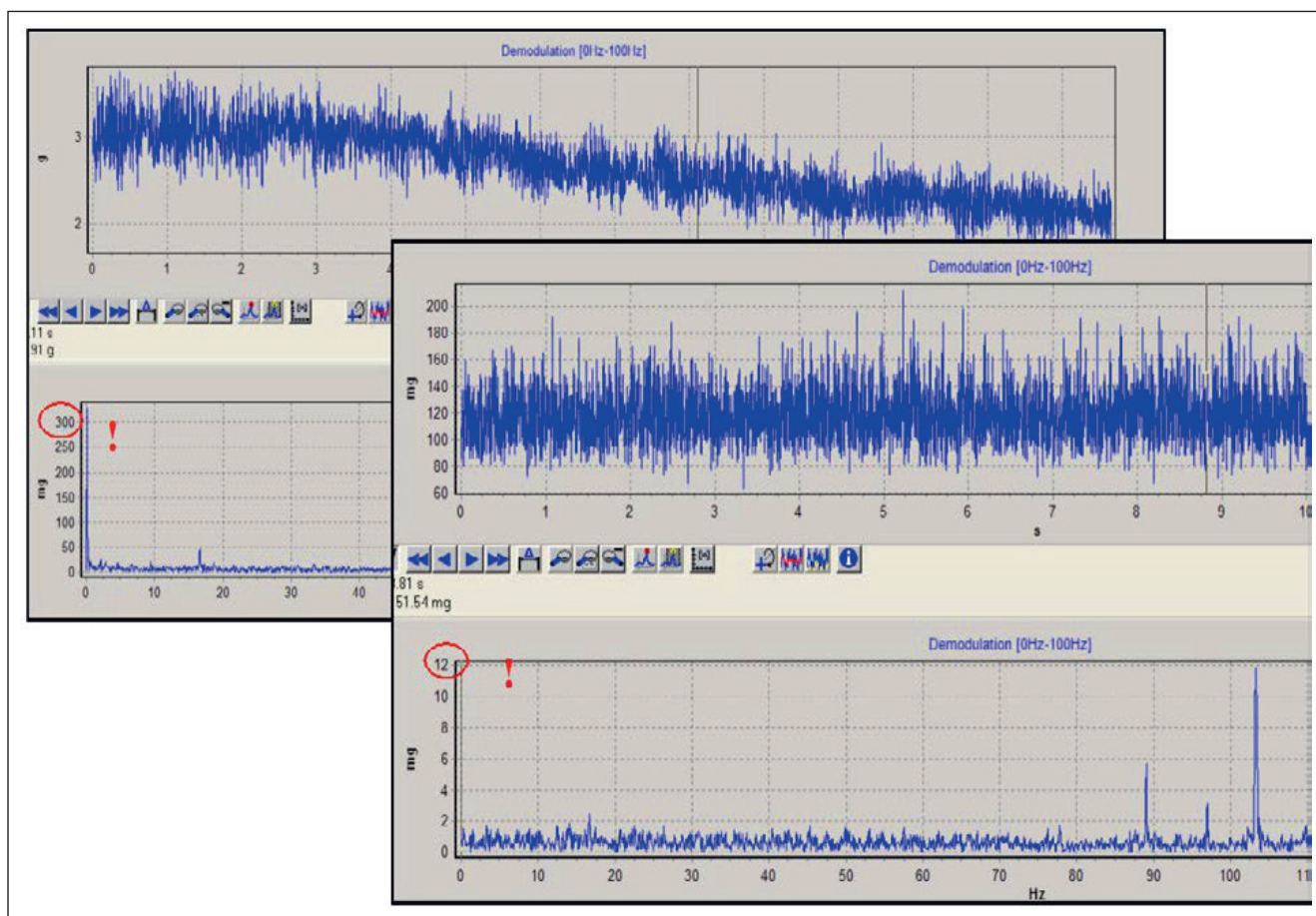
Že v prejšnjem poglavju je poudarjena zahtevnost analize stanja



Slika 11. Objekt analize vibracij



Slika 12. Izbira merilnih mest



**Slika 13.** Vpliv obratovalnih pogojev

hidravličnih agregatov s pomočjo nadzora vibracij. Če naj takšen nadzor stanja omogoči zanesljivo diagnosticiranje napak, je zelo pomemben sistematičen pristop. Analize stanja naprav ni mogoče izvesti na osnovi posameznih meritev, ampak je potrebno izhajati iz referenčnih vrednosti, dobljenih na podlagi meritev, izvedenih pod kontroliranimi pogoji in ob dobrem stanju obravnavanih naprav.

V nadaljevanju je predstavljen nekaj rezultatov meritev, ki so bile izvedene na pogonskem sklopu z aksialnimi batnimi črpalkami (slika 11) stroja za iztiskanje aluminijastih profilov.

Ker meritev ni bilo mogoče izvesti že na novih črpalkah in si tako zagotoviti referenčno stanje, smo izhajali iz primerjave vrednosti, izmerjenih na treh enakih črpalkah, ob čim bolj primerljivih pogojih obratovanja. Na vsaki od črpalk je bilo izbranih po 10 merilnih mest:

- Na elektromotorju: v bližini ležajev dvakrat radialno (V in H) na strani ventilatorja in odgona ter enkrat v osni smeri, na strani odgona.
- Na črpalki: v bližini ležajev dvakrat radialno (V in H) na obeh straneh ter enkrat v osni smeri na strani motorja.

Prve meritve so bile izvedene med normalnim obratovanjem stroja. Izkazalo se je, da zaradi izmeničnega vključevanja posameznih črpalk, glede na zahteve delovnega cikla stroja, rezultati meritev niso primerljivi. Spreminjanje obratovalnih pogojev močno vpliva na časovni signal, kot tudi na frekvenčni spekter – slika 13.

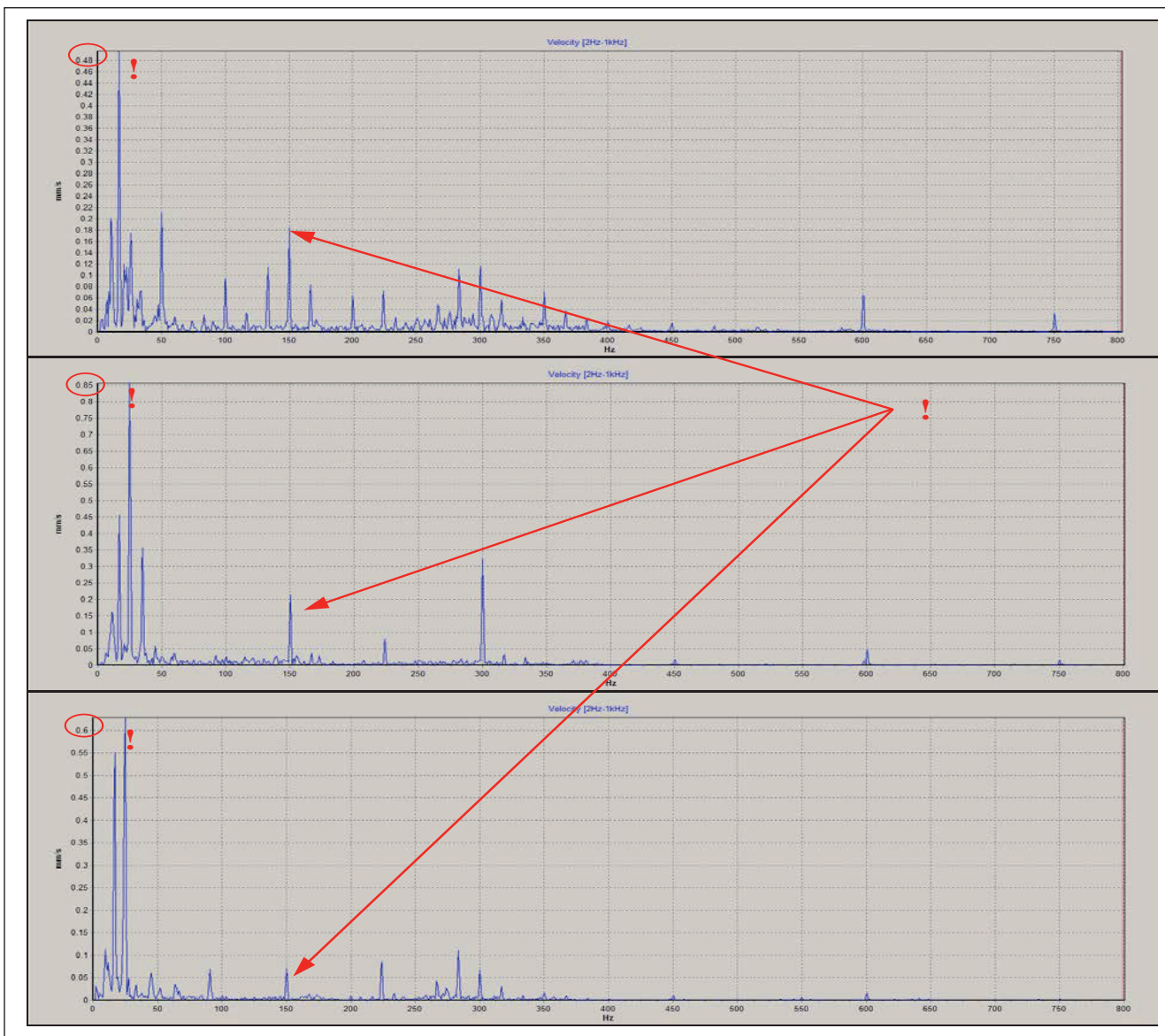
Če želimo torej o stanju obravnavanih objektov sklepati na osnovi analize vibracij, je bilo potrebno v času merjenja zagotoviti primerljive obratovalne pogoje. V nadaljevanju je prikazanih nekaj začetnih rezultatov meritev, ki so bile izvedene na treh črpalkah, ki so obratovale v prostem teku.

Časovne signale in frekvenčne spektre, pridobljene pri enakih pogojih obratovanja, pa je mogoče primerjati in iskati morebitna odstopanja, ter analizirati vzroke zanje. Prikazanih je le nekaj primerov – slika 14. Že bežna primerjava frekvenčnega spektra hitrosti, dobljenega pri meritvi v vertikalni smeri na črpalki odkrije velike razlike v frekvencah in tudi amplitudah.

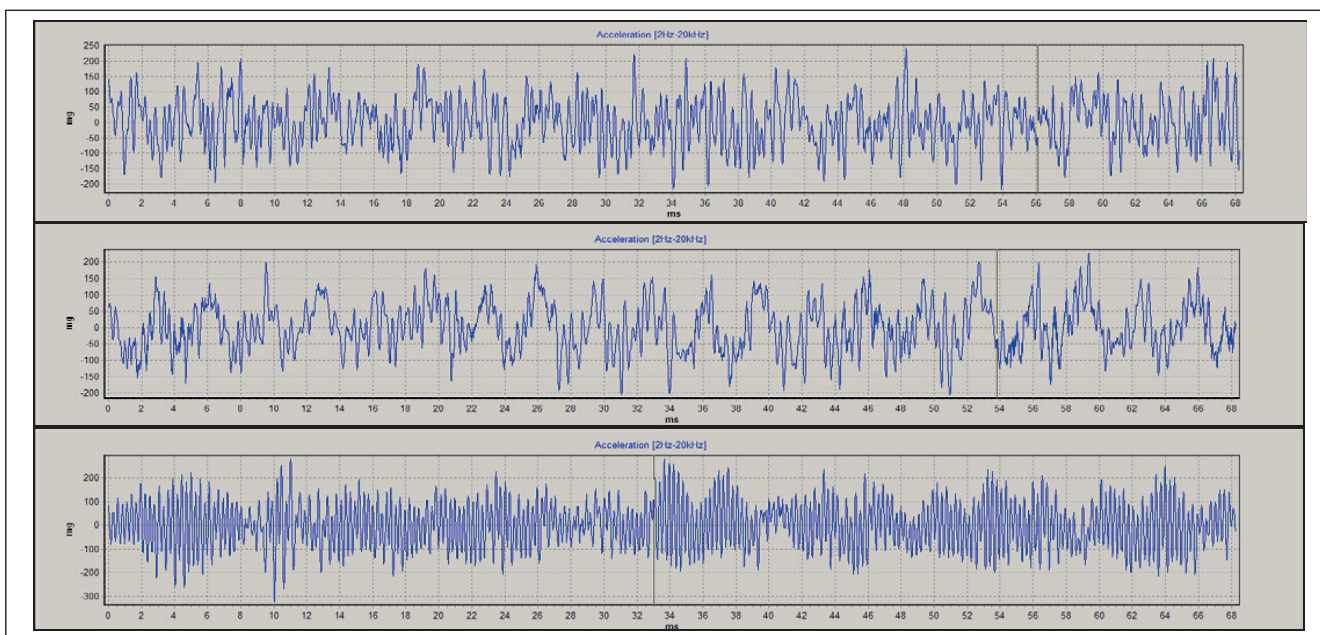
Razlike je mogoče opaziti tudi v obliki časovnih signalov pospeškov prikazanih na sliki 15.

Če želimo na osnovi analize vibracij izvesti natančno diagnosticiranje stanja obravnavanih črpalk, je potrebno najprej poiskati vse možne izvore vibracij (poškodbe ležajev, gibajoči deli črpalk, neustrezne zračnosti ...) in izračunati njihove frekvence. S temi podatki je potem mogoče iskati zvezo med obliko signalov in morebitnimi nepravilnostmi na črpalkah.





Slika 14. Primerjava spektrov



Slika 15. Primerjava časovnih signalov pospeškov

## ■ 4 Zaključek

Analiza vibracij je metoda, ki se običajno uporablja za nadzor stanja rotirajočih strojev in njihovih, pretežno mehanskih gradnikov. Metoda pa je lahko zelo uporabna tudi na področju hidravličnih naprav, kjer se razen spreminjanja obratovalnih stanj (tlaki, pretoki) pojavljajo številni drugi pojavi, ki so posledica spreminjanja snovnih lastnosti uporabljane hidravlične tekočine. Metoda tako ne samo omogoča le nek splošen nadzor stanja komponent pogonskega sklopa hidravličnega agregata, omogoča namreč tudi odkrivanje in diagnozo porajajočih se napak.

### Literatura

- [1] ISO/7919: Mechanical vibration of non-reciprocating machines – Measurement on rotating shafts and evaluation criteria
- [2] Langen, H. J.: Einsatz der Körperschallmeßmethode zur Schadenfrühdagnose an hydraulischen Verdrängereinheiten, Dissertation, RWTH Aachen, 1986
- [3] Schwarz, T.: Schallanalyse zur Diagnose von Schäden an Hydraulikpumpen, Dissertation, RWTH Aachen, 1990
- [4] N.N.: Early Warning Hydraulic Pump Diagnostic System for Predicting and Preventing Pump Failures, University of Illinois at Urbana-Champaign, <http://www.otm.uiuc.edu>
- [5] Eschmann, et al: Ball and Roller Bearings: Theory, Design & Application, John Wily & Sons, 1985

### Vibration monitoring as a tool in preventive maintenance of hydraulic machinery

**Abstract:** Hydraulic systems are, due to their high concentration of power, compact design and flexibility, one of the most popular means of power transmission in modern industry. Because of their indispensability for the continuous operation of different machines, they often get a status of critical machinery which requires special attention of maintenance departments. Vibration monitoring of hydraulic systems, particularly of the driving train motor-coupling-pump, enables the detection of failures due to the mounting or operation (imbalance, bent shaft, misalignment, thermal growth, loose connections, damaged components, internal damage of pumps, damaged bearing ...).

*The basic principles of the practical application of vibration monitoring within the scope of preventive maintenance of hydraulic systems are presented in the work.*

**Keywords:** Hydraulic systems, vibration monitoring, preventive maintenance

## Vaša sigurna pot do tržišča v Srbiji



Promovišite svoj posao i predstavite  
Vašu kompaniju.

Najnovije vesti, intervjui, reportaže  
sa sajmova u Srbiji i regionu,  
predstavljanje kompanija, sve na  
jednom mestu.

**www.industrija.rs**  
[www.facebook.com/casopis.industrija](http://www.facebook.com/casopis.industrija)

Pokličite nas:

ČASOPIS INDUSTRIJA  
Lazara Kujundžića 88,  
11030 Beograd, Srbija

tel/fax. + 381 11 305 88 22  
mob. + 381 60 344 84 28  
e-mail: [office@industrija.rs](mailto:office@industrija.rs)