

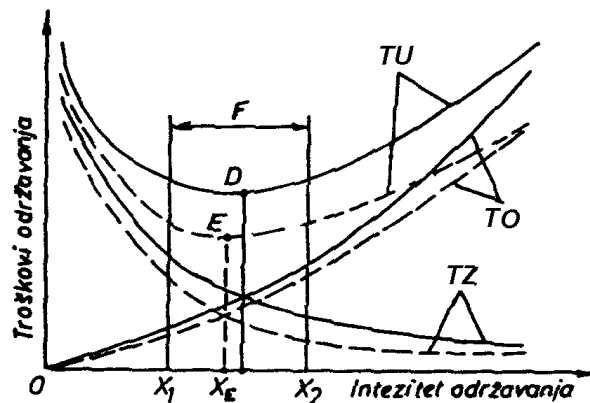
TROŠKOVI ODRŽAVANJA. REZERVNI DELOVI.

Ukupni troškovi održavanja

Ukupni troškovi koji se javljaju u procesu održavanja mogu se podeliti u dve grupe: (*X1)

1. direktni troškovi održavanja (TO),
2. troškovi zastoja u proizvodnji (TZ).

U zavisnosti od intenziteta održavanja TO i TZ imaju sledeći oblik: (slika 01.)



Slika 01. Ukupni troškovi održavanja. (*X2)

Ako korisnici sredstava za rad ne učestvuju u fazi projektovanja tehničkog sredstva, tada su direktni troškovi održavanja (TO) i zastoja u proizvodnji (TZ) veći (puna linija na dijagramu). U slučaju da se već u fazi projektovanja izvrše dobre pripreme za eksploataciju to će TO i TZ a samim tim i ukupni troškovi održavanja biti manji (isprekidane linije).

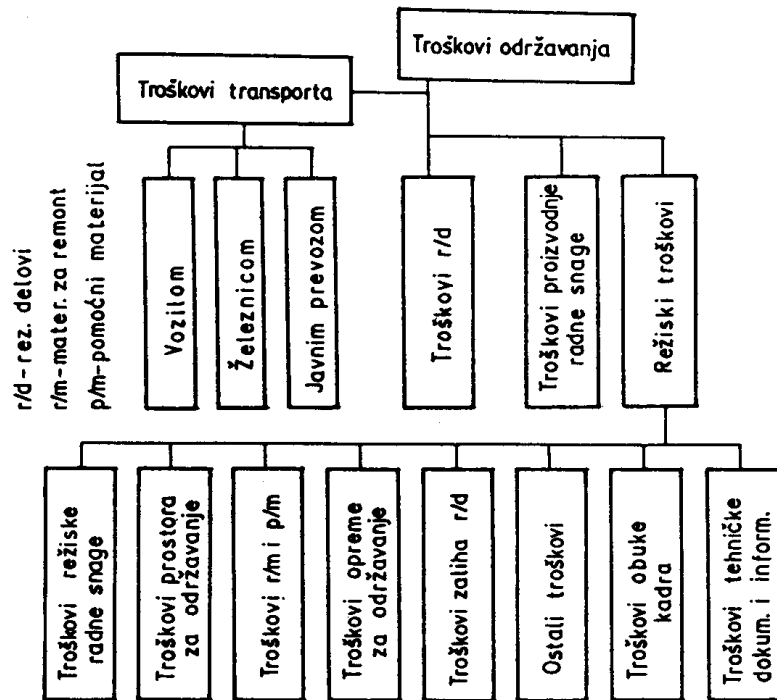
Posmatrajući drugu mogućnost kao bolju, uočava se da tačka E predstavlja optimalne ukupne troškove održavanja, a tačka x_E optimalni intenzitet održavanja.

U praksi se pokazalo praktičnije da se odredi oblast F kao optimalna oblast troškova, jer ima slučajeva kada su troškovi preventivnih intervencija veći nego popravke nastalog kvara.

Pored prikazane dve osnovne grupe troškova kao **pokazatelji ekonomičnosti** aktivnosti održavanja mogu se koristiti i druga merila kao što su: (*X3)

- troškovi po radnom satu održavanja,
- troškovi po korektivnim akcijama održavanja,
- troškovi po preventivnim akcijama održavanja,
- troškovi izgubljenog vremena čekanja tehničkog sredstva u redu,
- troškovi neiskorišćenosti kapaciteta kanala za opsluživanje.

Direktne troškove održavanja (TO) čini grupa od četiri vrste troškova i to: (slika 02.) (*X4)



Slika 02. Troškovi održavanja.

Kvalitet i nivo aktivnosti održavanja meri se finansijski. Od posebnog interesa unutar troškova održavanja su troškovi rezervnih delova, jer su ostali troškovi manje više konstantni i unapred definisani.

Primer: Saobraćajno preduzeće

Ako saobraćajno preduzeće ima veliki broj različitih autobusa od različitih proizvođača, da bi održalo raspoloživost voznog parka na određenom nivou, za svaki tip autobusa na skladištu treba da ima npr. po jedan motor. Tako za 1000 autobusa treba da ima npr. 30 motora, čija je cena skoro dvostruko veća nego kada se kupuju u okviru vozila. Sa druge strane ako preduzeće ima samo jedan tip autobusa za isti stepen raspoloživosti trebaće samo nekoliko motora, što zavisi od intenziteta potreba za remontom motora kao i od vremenskog razmaka između remonta dva motora (vreme trajanja remonta).

Za održavanje gde se radi o skupim i unificiranim delovima, gde se održavanje sastoji u tome da se oštećeni, istrošeni ili havarisani delovi zamene novim, ili remontovanim, stoje na raspolaganju sledeće mogućnosti smanjenja troškova rezervnih delova: (*X5)

- pojedinačna nabavka ili izrada rezervnih delova,
- nabavka rezervnih delova u okviru kompletnih sklopova,
- upotreba delova sa starih, otpisanih ili prekobrojnih mašina - “kanibalizacija”.

Pojedinačna nabavka ili izrada rezervnih delova

Pojedinačna nabavka ili izrada rezervnih delova je najskuplji način obezbeđivanja rezervnih delova.

Zbog prirode rezervnih delova i njihovog tržišta, jer se proizvode i posle prestanka proizvodnje date serije, proizvod sklopljen od rezervnih delova je daleko skuplji od tržišne cene proizvoda.

Smanjenje troškova rezervnih delova nabavkom celih sklopova

Povrh svega proizvođač ima i dodatnu politiku niske cene proizvoda što još više pravi razliku između cene proizvoda kupljenog direktno od proizvođača i cene proizvoda sklopljenog od rezervnih delova. To dovodi do toga da mnoga preduzeća umesto rezervnih delova (čak i u fazi nabavke nove opreme) kupuju cele proizvode (sklopove) koji se kasnije distribuiraju prema potrebama.

Smanjenje troškova rezervnih delova “kanibalizacijom”

Preveliki kapaciteti nastaju kao posledica:

- a) brže nabavke nove opreme od potreba,
- b) smanjenja potrebnih kapaciteta (uslovi tržišta),
- c) zamene stare opreme novom, produktivnijom.

Iz gore navedenih razloga jasno je da upotreba očuvanih delova mašina koje se povlače iz procesa proizvodnje, ako se ne mogu povoljnije prodati, dovodi do ušteda. U procesu “kanibalizacije” javljaju se troškovi demontaže i remonta delova.

KLASIFIKACIJA REZERVNIH DELOVA

Da bi se u procesu investicionog održavanja (plansko-preventivno održavanje) i procesu opravke kvarova održala radna sposobnost sredstava za rad (mašina) na potrebnom nivou, treba da postoji određena zaliha rezervnih delova i materijala.

Sastavni delovi mašina se dele na:

1. delove koji se ne troše, ne stare i teško ih je onesposobiti za funkciju (npr. kućišta, stalci, postolja itd.),
2. rezervne delove, koji se troše u kraćem vremenu od veka trajanja mašina, ili se lome, stare i sl. (remenovi, ležajevi, osigurači, sijalice, osovinice, otpornici itd.).

Delove koji se ne troše ne treba unapred obezbeđivati, jer je njihovo držanje na zalihama skupo, a verovatnoća da će se za njima pojaviti potreba mala.

Rezervni delovi zaslužuju posebnu pažnju, jer su najčešće komplikovani za izradu i ako ih nema na skladištu, može da prođe duže vremena dok se nabave.

Rezervni delovi se dele na: (*X6)

- **namenske**, koji su posebno oblikovani i izrađeni za određenu namenu na sredstvima za rad (mašinama), i
- **standardne**, koji se proizvode za širu promenu, a ugrađeni su u mašinu koja se konkretno održava.

Delatnost obezbeđivanja rezervnih delova se deli na: (*X7)

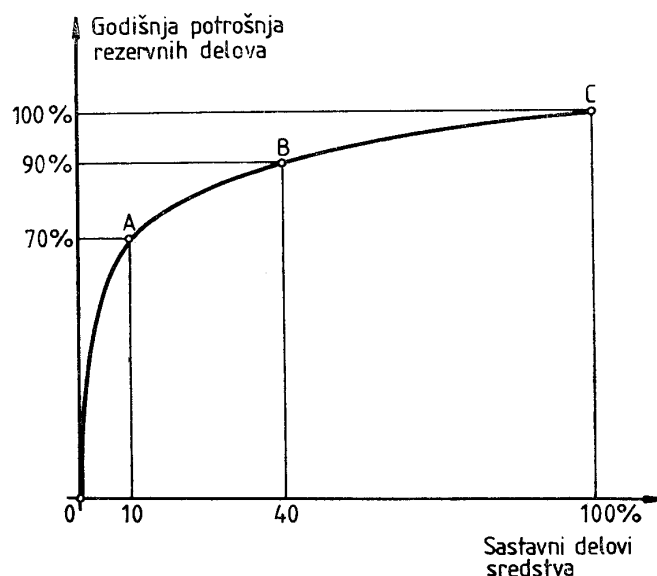
- planiranje,
- nabavku, i
- skladištenje.

Rezervni delovi se drže na zalihama jer se delovi mašina troše, kvare i onesposobljavaju, tako da mnogi sastavni delovi mašina imaju kratak radni vek i potrebno ih je zamenjivati. Da bi zastoje zbog potrebe za zamenom rezervnih delova bili što manji ili se čak izbegli potrebno je imati na zalihama određenu količinu rezervnih delova.

Opskrbljivanje rezervnim delovima smanjuje zastoje u proizvodnji sa jedne strane dok sa druge strane ekonomičnost troškova zaliha je vrlo važna, jer troškovi zaliha rezervnih delova i materijala iznose čak i do 25% od vrednosti zaliha i to:

- zastarevanje rezervnih delova i materijala – 10%,
- kamate na vezana sredstva – 8%,
- oštećenja, starenja i sl. – 5%, i
- troškovi skladištenja do 4%.

Intenzitet zahteva za rezervnim delovima zavisi od godišnje potrošnje rezervnih delova. Godišnja potrošnja rezervnih delova za razne mašine najbolje se određuje pomoću ABC dijagrama tj. po Pareto zakonu (slika 03.).



Slika 03. ABC dijagram potrošnje rezervnih delova. (*X8)

Prema ABC metodi, prihvata se princip da oko 10% sastavnih delova mašine čini godišnju potrebu za rezervnim delovima u iznosu od 70% od ukupnih potreba za rezervnim delovima (tačka A). Sledećih 30% sastavnih delova mašine čini godišnju potrebu za rezervnim delovima u iznosu od 20% (tačka B), dok poslednjih 60% sastavnih delova mašine čini svega 10% od godišnjih potreba za rezervnim delovima (tačka C). Iz ovoga proizilazi da veliki broj sastavnih delova mašina ima vrlo malu godišnju potrošnju, dok jedan mali broj sastavnih delova apsorbuje najveći deo ukupne godišnje potrošnje rezervnih delova.

Potrebe za rezervnim delovima utvrđuju se pomoću minimalnih i maksimalnih zaliha (slika 04.).

Minimalna zaliha rezervnih delova određena je sledećim izrazom: (*X9)

$$Q_{\min} = 0.4 \cdot \frac{t_i \cdot Z \cdot q}{t_t} \text{ [kom]}$$

gde je:

Q_{\min} [kom] – minimalna zaliha jednog rezervnog dela,

Z [kom] – broj sredstava gde je ugrađen dati (rezervni) deo,

q [kom] – broj datih (rezervnih) delova u mašini,

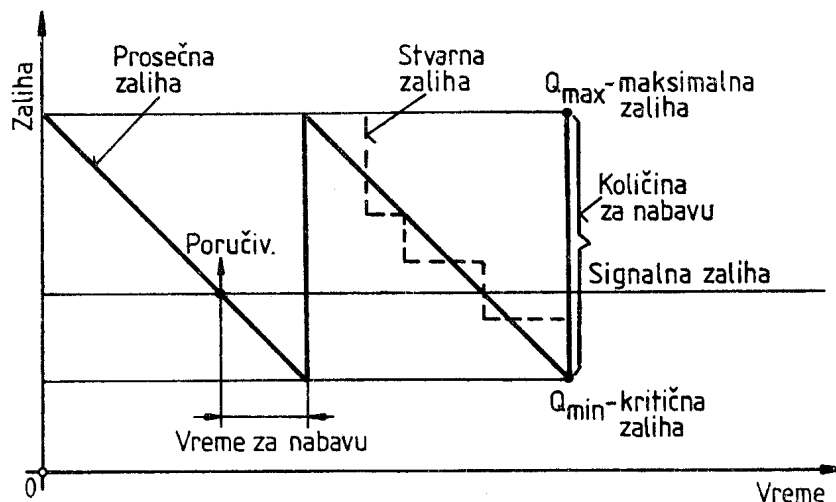
t_i [h] – vreme potrebno za obezbeđenje rezervnog dela (izrada ili kupovina),

t_t [h] – radni vek mašine.

Maksimalna količina zaliha rezervnih delova Q_{\max} se dobija kada se minimalnoj zalihi doda optimalna količina nabavke rezervnih delova Q_n (videti modele upravljanja zalihama): (*X10)

$$Q_{\max} = Q_{\min} + Q_n \text{ [kom]}$$

Zaliha rezervnih delova pri kojoj se vrši naručivanje rezervnih delova zove se signalna zaliha. Signalna zaliha je određena vremenom potrebnim za nabavku i intenzitetom potrošnje rezervnih delova. (*X11)



Slika 04. Dijagram zaliha rezervnih delova. (*X12)

Planiranje a u sklopu njega i upravljanje zalihama rezervnih delova predstavlja značajnu oblast, s obzirom da držanje rezervnih delova na zalihama blokira velika finansijska sredstva. Koje delove i u kojim količinama i kada držati kao rezervne na skladištima, složeno je pitanje i vezano je za politiku godišnje nabavke rezervnih delova. Određivanje ove količine je složeno jer u sebi uključuje i problem optimizacije zaliha.

Planiranje tj. optimizacija zaliha rezervnih delova zavisi od više faktora i to:

(*X13)

- Broj mašina i njihova tipizacija. Ako je više raznovrsnih mašina, a ima ih dosta po broju, onda na skladištu mora biti više pozicija.
- Broj pozicija u mašinama i intenzitet trošenja.
- Važnost opreme u tehnološkom procesu, kao i važnost pojedinih sastavnih delova za mašinu i njenu tehničko-tehnološku funkcionalnost.
- Gubici u proizvodnji zbog zastoja koji je nastao usled nedostatka rezervnih delova.
- Vreme potrebno za nabavku ili izradu rezervnog dela.
- Da li je to deo koji se može nabaviti u trgovačkoj mreži ili se mora posebno naručiti kod specijalizovanih proizvođača.

BROJ I STRUKTURA KADROVA ZA POSLOVE ODRŽAVANJA

Osnovni resursi održavanja su: **kadrovi** (izvršioci održavanja), **oprema** i **materijal**. Kadrovi su najvažniji element resursa održavanja. Efikasnost funkcije održavanja određena je načinom na koji se kadrovi mogu uskladiti sa opremom i materijalom. (*Y1)

Kao osnovni činilac u održavanju kadrovi imaju zadatak da osiguraju maksimalnu radnu efikasnost održavanja, kao dela proizvodnog procesa, sa minimalnim troškovima uz povoljni ekonomski efekat. Radnici u održavanju su deo službe od koje zavisi kvalitet i efikasnost proizvodnje, ali je održavanje u pogledu upravljanja i izvršavanja operativnih zadataka potpuno samostalno.

Broj izvršilaca (radnika na održavanju), koji je sastavni deo organizacione šeme održavanja, usko je povezan sa vrstom postrojenja i sa njegovom efikasnošću. Osnovni elementi koje treba razmatrati pri određivanju broja izvršilaca su: (*Y2)

- dislokacija i usklađenost postrojenja,
- vrsta proizvodnje,
- stanje mašina i opreme,
- stepen automatizovanosti postrojenja,
- tip organizacije rada,
- stepen obučenosti radnika,
- kvalitet željenog održavanja, i
- raspoloživost alata i instrumenata za rad.

Problem određivanja broja izvršilaca sadrži, kao što je prikazano, mnoge promenljive koje je teško kvantifikovati tako da nije dovoljno, za određenu organizacionu strukturu sistema održavanja, tražiti optimalan broj izvršilaca samo na osnovu tehničkih studija vremena (normativa) potrebnih za određene aktivnosti održavanja zbog sve brže transformacije postrojenja, novih tehnika održavanja koje se više ne ograničavaju samo na ciklične (preventivne) i korektivne intervencije nego se baziraju na održavanju „prema stanju“.

Određivanje potrebnog broja izvršilaca treba vršiti u zavisnosti od tehničkog sistema (postrojenja) koje treba održavati a na osnovu matematičkih modela koji uzimaju u obzir sledeće promenljive: (*Y3)

- resurse održavanja,
- kvantitet i kvalitet radnika zaposlenih na održavanju,
- dislokaciju tehničkog sistema,
- statističku raspodelu kvarova,
- planiranje radova na održavanju, i
- čekanje mašina zbog zastoja.

STANDARDNI KVAROVI I METODE ZA PRAĆENJE STANJA MAŠINA

Aktivnosti održavanja na sredstvima rada i standardni kvarovi

Aktivnost održavanja	Opis aktivnosti	Izvođač
Ispravna konstrukcija u odnosu na kvarove i održavanje	Postizanje sledećih osobina prilikom konstruisanja: pouzdanost, raspoloživost, pogodnost za održavanje, mogućnost nabavke ili izrade rezervnih delova i zadržavanje vrednosti	Tehnolog, konstruktor, nabavljač sredstva za rad, proizvođač
Borba protiv slabih mesta na sredstvima za rad	Izmena konstrukcije, načina eksploatacije i održavanja sa ciljem: ublažavanja uzroka kvarova, pojačanja otpornosti protiv kvarova, uočavanja oštećenja pre nastanka kvara ili njihovo ekonomičnije otklanjanje	Održavalac, rukovalac, tehnolog, konstruktor
Preventivno održavanje (direktno sprečavanje kvarova)	Periodično podmazivanje, impregniranje, ili čišćenje sa ciljem ublažavanja uzroka kvarova ili povećavanja otpornosti protiv kvarova	Održavalac, rukovalac
Preventivno održavanje (indirektno sprečavanje kvarova)	Periodično traženje oštećenja ili kvarova, čišćenje i opravke sa ciljem da se oštećenje ili kvar blagovremeno otkrije i otkloni, dok ne prouzrokuje neočekivane posledice	Održavalac, rukovalac
Sprečavanje kvarova i njihovih posledica rekonstrukcijom	Izmena konstrukcije postojećih postrojenja sa ciljem dobijanja pouzdanijih sastavnih delova, uvođenje dijagnostičkih instrumenata za blagovremenu signalizaciju kvarova, skraćivanje vremena opravki omogućavanjem brze zamene delova, sprečavanje kvarova osiguranjem od preopterećenja	Održavalac, tehnolog, konstruktor
Osiguranje za štetu od kvarova i zastoja u proizvodnji kod osiguravajućih društava	Zaključivanje ugovora za nadoknadu štete zbog kvarova i zastoja proizvodnje sa ciljem da se omogući planiranje troškova opravki i zastoja	Održavalac, rukovalac, osiguravajući zavod

Svako razmatranje, praćenje i odstranjivanje slabih mesta i kvarova na tehničkim sredstvima je neuspešno ako pri tom nisu otkriveni pravi uzroci.

Najčešći uzroci kvarova (*1)

(rezultati istraživanja posle obrade i sažimanja podataka):

R.br	Uzrok kvara	Opis
1.	Normalno habanje, dotrajalost, korozija	Svi uzroci kvarova koji nastaju usled normalnog habanja, dotrajalosti i korozije u normalnim uslovima rada, koji nisu pravovremeno sprečeni.
2.	Zamor materijala, lomovi	Trajna preopterećenja, lomovi opruga, osovina, vratila, čepova, ručica usled poroznosti materijala, nepravilne strukture materijala i pukotina.
3.	Strana tela	Kvarovi i zastoji koje prouzrokuju upadi drugih predmeta, npr. upad komada gvožđa među zupčanike. Potrebno je utvrditi uzrok.
4.	Nečistoća	Debalansiranje zbog nečistoće, nenormalno habanje, nečistoća protočnog materijala
5.	Nepravilno opsluživanje	Oni uzroci kvarova koji su nastali kao posledica nepravilnog rukovanja mašinom ili uređajem zbog neznanja, nepravilnih uputstava, nemarnosti, neobučenosti.
6.	Nepravilna konstrukcija ili rekonstrukcija	Nepravilno propisan materijal, termička obrada, tolerancije, nepravilno određivanje dimenzija, nepravilno propisan kvalitet površine.
7.	Nepravilna izrada, nepravilno izvođenje popravke	Sve greške nastale zbog nepravilnog izvođenja u odnosu na postavljeni zahtev; nepravilna izrada, nepravilno izvedena termička obrada, nepravilna montaža, slabo centriranje, nastavljjanje.
8.	Nepravilna uputstva	Nepravilna uputstva majstora, tehničara i inženjera koji rade na održavanju koja imaju za posledicu kvar ili zastoj.
9.	Nedostatak energije	Najčešće uzroci zastoja a ne kvarova. Obuhvataju se samo kada je kvar bio uzrokovan direktno nestankom energije.
	Planski prekidi rada	Svrstani su svi zastoji koji su unapred predviđeni i koji nastaju tokom redovnih radova održavanja.

Mnoge pojave koje na prvi pogled predstavljaju uzroke kvarova su ustvari posledice nečeg drugog i ne mogu se smatrati za uzrok kvara. (*2)

R.br	Pojava	Uzrok
1.	Začepljenje	Uzrok se može pojaviti uvek na drugom mestu npr. nečistoća protočnog materijala, dotrajalost, kvar sistema za čišćenje.
2.	Preopterećenje	Postavlja se pitanje zašto je došlo do preopterećenja, npr. nepravilno opsluživanje, preopterećenja zbog habanja, vibracija.
3.	Vibracije	Svaka vibracija ima svoj uzrok i on je uzrok kvara npr. slabo centriranje, debalansiranje zbog nečistoće, nepravilno podmazivanje, labava konstrukcija.
4.	Nezaptivenost	Dotrajalost instalacije, korozija, nepravilna montaža.
5.	Proboj izolacije – kratak spoj	Dotrajalost izolacije, oštećenja izolacije, preopterećenja, nečistoća, nepravilna montaža ili opsluživanje.
6.	Povećano (nenormalno) habanje	Nečistoća, preopterećenje, nepravilan kvalitet materijala, nepravilan kvalitet površine.
7.	Nedovoljno podmazivanje	Kvar sistema za podmazivanje, upotreba ne odgovarajućeg maziva, nepravilna uputstva.
8.	Eksplozijski udari	Nepravilno opsluživanje, nepravilna uputstva, nezaptivenost.

Otklanjanje kvarova

Otklanjanje kvarova i dijagnostika su jedne od najvažnijih kategorija radova održavanja.

Pronaći uzrok zašto neka mašina ili oprema radi loše ili uopšte ne radi je daleko dugotrajniji proces od procesa uklanjanja tog uzroka, zato što tehnička sredstva postaju iz dana u dan sve kompleksnija.

Pre nekoliko desetina godina čitavi proizvodni pogoni dobijali su “mehaničko napajanje” od jednog pogonskog motora preko desetina kaiševa i osovina. Danas iole komplikovanija mašina ima na desetine ugrađenih elektromotora.

Nekada je vlasnik bicikla učestvovao u procesu njegovog održavanja sa 90%, dok današnji vlasnik automobila samo održava pritisak vazduha u gumama i nivo goriva u rezervoaru. Veliki broj vlasnika automobila bi sam učestvovao u održavanju automobila ali ne zna.

Razvoj tehnike i tehnologije rezultirao je opremom koja od neposrednog opslužioca traži manje znanja, ali zato kao neophodnost postavlja postojanje nekoga ko mora mnogo da zna da bi opremu održavao u ispravnom stanju.

Služba održavanja zahteva sve kvalifikovanije održavaoce za koje je opet potrebno sistematsko školovanje.

Broj izvršilaca u službi održavanja ubrzano raste i u nekim slučajevima visoko automatizovane industrije, premašuje broj proizvodnih radnika. Primer IBM je pre 25 godina imao jednog radnika održavanja na 10 proizvodnih radnika dok je pre 15 godina taj broj bio 2.9.

Sve to dovodi do promena u filozofiji pristupa procesu održavanja. Strateški sve se više napušta preventivno održavanje i zamenjuje se planiranim održavanjem u kojem postoji ugrađenja oprema za održavanje prema stanju.

Pristup pripremi osoblja za poslove održavanja se promenio tj. od klasičnog načina - nauči kako mašina radi - sada se uči kako se mašina popravlja - održava.

Jedan od osnova tog pristupa je dobro pripremljen priručnik i razrađeni postupci pronalaženja uzroka kvara i njihovog otklanjanja.

Početna tačka svake intervencije vodi u "Indeks simptoma" koji sa svoje strane vodi u PAO (postupak analize održavanja).

Odnos vremena dijagnoze i popravke kvara

Najbrže je postavljanje dijagnoze kod mehaničkih kvarova (lomovi, havarije) ali je njihova opravka najduža, dok je kod elektronskih kvarova teže otkriti kvar a sama opravka traje mnogo kraće. (*3)

R.br.	Vrsta sistema	Vreme postavljanja dijagnoze	Vreme popravke
1.	Elektronski	90 %	10 %
2.	Elektro	60 %	40 %
3.	Hidro-pneunatski	40 %	60 %
4.	Mehanički	10 %	90 %

Tehnike praćenja postrojenja pod opterećenjem (*4)

Vizuelna, zvučna i dodirna kontrola dostupnih komponenata

- olabavljenost nerotirajućih spojeva, krhotine od habanja ili izjedenosti korozijom se lako otkrivaju,
- pomeranje od 1 μm između dve komponente se oseti dodirom prsta,
- na spojeve se mogu naneti krti lakovi za indicaciju neznatnog kretanja,
- labave pokretne komponente se mogu često otkriti slušanjem, a labavi spojevi na kuckanje odgovaraju tupim prigušenim zvukom.

Praćenje temperature

Osetljivi delovi mašine na temperaturu se lako mogu pratiti pomoću temperaturnih senzora koji uključuju kontaktne termometre, termo-spojeve, termistore. Pored toga koriste se termokrede i boje kao i detektori sa infracrvenim zracima.

Praćenje maziva

Postojanje magnetskog otpada u mazivu daje informaciju o stanju površine delova koji nose opterećenje. Ispitivanjem ulja i filtera može se otkriti magnetski otpad koji lebdi u ulju ili je nataložen u filteru (npr. ferografija).

Ferografija je tehnika koja odvaја pohabane magnetne čestice iz ulja koje se sležu na staklenu površinu – ferogram. Ferografija predstavlja on-line tehniku za procenjivanje stanja podmazanih delova u kontaktu bez isključivanja mašine. (slika X1)

Mikroskopsko ispitivanje omogućuje da se naknadno odredi tip habanja i uzrok habanja u mašini.



Slika X1. Princip detekcije magnetnih čestica ferografijom.

Npr. habanje novog zupčanog mehanizma i početak zamora materijala usled kontaktnog napona mogu se na ovaj način pratiti ali je oblik materijala koji je otpao veoma različit.

Otkrivanje mesta curenja

Najjednostavnija metoda je metoda sa *sapunicom i vodom*. Uz odgovarajuće pripreme sa njom se mogu otkriti čak i mala mesta curenja do 10 µm.

Veoma pogodna tehnika je otkrivanje mesta curenja *ultrazvukom*. Ova metoda se bazira na principu da tečnost kada je potisnuta kroz mesto curenja delovanjem unutrašnjeg ili spoljašnjeg pritiska stvara zvuk čija se frekvencija kreće u intervalu 40-80 Hz. Ultrazvučni detektori otkrivaju ove visoke frekvencije (mesta curenja) koje se lako razaznaju od nižih frekvencija buke motora.

Tipičan detektor može da otkrije postojanje rupe 50 µm u jedinici u kojoj vlada pritisak od 0,1 bar na udaljenosti od 10m.

Praćenje vibracija

Ova metoda se koristi češće od bilo koje druge metode i služi za otkrivanje širokog spektra kvarova na mašinama. Merenja u blizini ležajeva mašine mogu otkriti neizbalansiranost i necentričnost osovine, oštećenja ležajeva, oštećenja zupčanika i drugih komponenti prenosa, mehaničke labavosti, kavitaciju itd. Iako su osnovne metode direktne, više informacija se može dobiti obradom dobijenih signala.

Praćenje buke

Zvuk kao indikator stanja jedinice mora nastati vibriranjem nekog dela jedinice, pa je obično efikasnije pratiti izvorne vibracije. Međutim postoje situacije u kojima je praćenje buke pogodnije.

Praćenje korozije

Posebni električni elementi postavljeni u sistem menjaju otpor sa napredovanjem korozije. Upotrebom posebnih sonda, na osnovu polarizovanog otpora sonde, moguće je otkriti stopu korozije, dok se merenjem napona između referentne elektrode i sistema pokazuje da li je došlo do korozije.

Tehnike praćenja postrojenja bez opterećenja (*5)

Vizuelna, zvučna i dodirna kontrola delova koji su nedostupni ili su u pokretu

Stanje mnogih komponenti prenosa može se lako utvrditi vizuelnim pregledom. Npr. pohabanost površina zubaca kod zupčanika daje mnogo informacija. Problemi preopterećenja, zamora materijala, habanje i slabo podmazivanje mogu se razlikovati po izgledu zubaca.

Koriste se vlaknasti optički intraskopi, periskopi za spremnike, sistemi ogledala i kamere zatvorenog TV sistema.

Otkrivanje pukotina

Najozbiljniji kvarovi nastaju širenjem pukotina iz tačke u kojoj je koncentrisan napon ili iz greške u materijalu na površini komponente. Verovanje da do otkaza

usled zamora materijala dolazi bez ikakvog upozorenja nije tačno. Iako pukotina koja predstavlja upozorenje obično nije vidljiva prilikom uobičajenih pregleda.

Za otkrivanje pukotina koriste se sledeće tehnike:

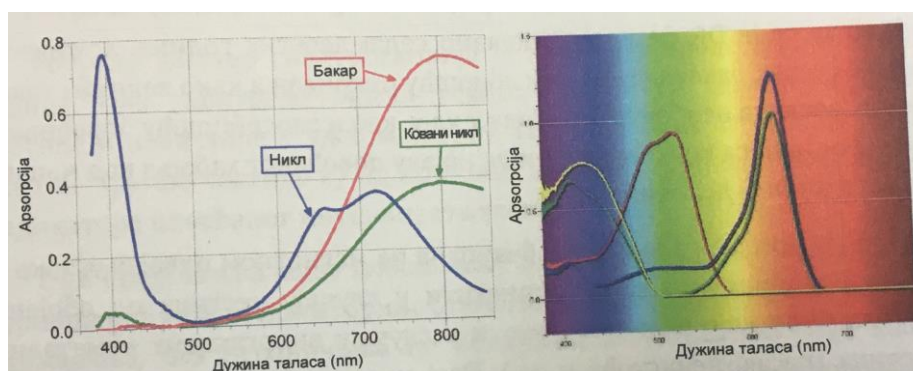
- penetriranje boje u površinske pukotine (sačekati npr. 24 časa da se na pukotini promeni boja),
- ispitivanje magnetnih materijala magnetskim tokom (pukotina preseca tok magnetskog polja pa se čestice magnetskog praha rasporede oko pukotine),
- ispitivanje elektrootporom (postojanje pukotine povećava otpor između dve sonde u kontaktu sa površinom),
- ispitivanje vrtložnom strujom (namotaj kroz koji prolazi struja, postavljen uz površinu, inducira vrtložnu struju u materijalu – promena induktivnosti u namotaju ukazuje na grešku),
- ispitivanje ultrazvukom (ultrazvuk koji se stvara na površini komponente odbija se o bilo koju površinu na putu, bez obzira da li je ta površina predviđena za proizvod ili je greška),
- radiografsko ispitivanje (fotografisanje nedostataka pomoću X ili gama zraka).

Otkrivanje curenja

Otkrivanje curenja ultrazvukom, za jedinicu koja nije pod opterećenjem, vrši se postavljanjem ultrazvučnog izvora u komponentu koju treba ispitati.

Praćenje maziva

Najrasprostranjenija (hemijska) tehnika za utvrđivanje (prepoznavanje i kvantifikovanje) prisutnosti metalnih čestica nastalih habanjem, zaprljanjem u ulju je *spektrometrijska analiza*. Oprema za spektrometrijsku analizu, koja je standardna oprema laboratorija za analizu ulja, radi na principu pobuđivanja uzorka ulja elektromagnetnim zračenjem. Svaki element prisutan u ulju, emituje ili apsorbira određenu količinu energije na osnovu čega se određuje vrsta elementa i njegova koncentracija u ulju. (slika X2)



Slika X2. Dijagram prisustva čestica metala u ulju.

Ispitivanje vibracija

Odgovor jedinice na prinudne vibracije daje mnoštvo informacija, npr. jedan od najčešćih testova za rotirajuće mašine je proba zaustavljanja koja se koristi rezonantnošću sistema kako bi se pojačale vibracije.

Praćenje korozije

Pored metoda za praćenje korozije pod opterećenjem koriste se i ultrazvučne metode (promene u dimenzijama usled delovanja korozije), laseri itd.

Tehnike praćenja stanja za opštu namenu (*6)

Samo tri tehnike praćenja stanja su se dosad pokazale kao “opšte namenske” metode praćenja stanja. To su praćenje **temperature**, **vibracija** i **maziva**. Kod svake od njih, parametar koji se prati sadrži informacije koje su prenošene kroz mašinu.

PRAĆENJE STANJA POMOĆU TEMPERATURE

Temperatura i odstupanje od normalne temperature daje procenu stanja opreme, postrojenja, mašine, delova ili tehnološkog procesa.



Praćenjem temperature moguće je:

- otkrivanje neispravnog dela usled promene temperature,
- otkrivanje neispravnosti uređaja ili stvaranje naslaga u sprovodnim delovima preko promene provođenja toplote.

Merni pribori:

Kontaktni senzori (omogućuju lokalnu indikaciju – termometri ili kontrolišu određenu funkciju temperature – termostati):

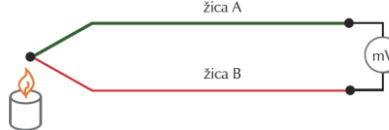

- senzori koji koriste širenje tečnosti kao što su živa ili alkohol i predstavljaju najzastupljenije senzore za vizuelno očitavanje temperature

Stakleni termom.			<p>U zavisnosti od fluida koriste, stakleni termometri imaju:</p> <p>Opseg merenja: $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $530\text{ }^{\circ}\text{C}$*</p> <p>* svaki fluid pokriva samo deo navedenog opsega</p>
------------------	---	---	--

- bimetalni senzori, se prave u obliku trake, spirale ili helikoide od dva sloja različitih metala. Zbog različitih koeficijenata linearnog širenja pri porastu temperature bimetalna traka se savija na stranu metala sa manjim koeficijentom linearnog širenja.

Bimetalni senzor			<p>U zavisnosti od materijala od kojih se prave bimetalni senzori imaju:</p> <p>Opseg merenja: -180 °C - 430 °C</p>
------------------	--	--	---

- termopar, sadrži dve žice različitih metala ili legura (npr., jednu bakarnu i jednu od legure bakra i nikla), spojene na jednom kraju. Termopar generiše napon koji se menja s promenom temperature. Metali koji se koriste određuju kako se napon menja s temperaturom. Termoparovi su najpodobniji za merenja visokih temperatura, do 1800 °C.

Termopar		<table><tr><th>Tip termopara</th><th>Oznaka tipa</th><th>Merni opseg termopara</th></tr><tr><td>Platina-13%rodijuma/platina</td><td>R</td><td>(-50 do 1600) °C</td></tr><tr><td>Platina-10%rodijuma/platina</td><td>S</td><td>(-50 do 1600) °C</td></tr><tr><td>Platina-30%rodijuma/platina-6%rodijuma</td><td>B</td><td>(0 do 1820) °C</td></tr><tr><td>Gvožđe/bakar-nikl</td><td>J</td><td>(-40 do 750) °C</td></tr><tr><td>Bakar/bakar-nikl</td><td>T</td><td>(-200 do 370) °C</td></tr><tr><td>Nikl-hrom/bakar-nikl</td><td>E</td><td>(-200 do 900) °C</td></tr><tr><td>Nikl-hrom/nikl-aluminijum</td><td>K</td><td>(-200 do 1200) °C</td></tr><tr><td>Nikl-hrom-silicijum/nikl-silicijum</td><td>N</td><td>(-200 do 1200) °C</td></tr></table>		Tip termopara	Oznaka tipa	Merni opseg termopara	Platina-13%rodijuma/platina	R	(-50 do 1600) °C	Platina-10%rodijuma/platina	S	(-50 do 1600) °C	Platina-30%rodijuma/platina-6%rodijuma	B	(0 do 1820) °C	Gvožđe/bakar-nikl	J	(-40 do 750) °C	Bakar/bakar-nikl	T	(-200 do 370) °C	Nikl-hrom/bakar-nikl	E	(-200 do 900) °C	Nikl-hrom/nikl-aluminijum	K	(-200 do 1200) °C	Nikl-hrom-silicijum/nikl-silicijum	N	(-200 do 1200) °C
	Tip termopara	Oznaka tipa	Merni opseg termopara																											
Platina-13%rodijuma/platina	R	(-50 do 1600) °C																												
Platina-10%rodijuma/platina	S	(-50 do 1600) °C																												
Platina-30%rodijuma/platina-6%rodijuma	B	(0 do 1820) °C																												
Gvožđe/bakar-nikl	J	(-40 do 750) °C																												
Bakar/bakar-nikl	T	(-200 do 370) °C																												
Nikl-hrom/bakar-nikl	E	(-200 do 900) °C																												
Nikl-hrom/nikl-aluminijum	K	(-200 do 1200) °C																												
Nikl-hrom-silicijum/nikl-silicijum	N	(-200 do 1200) °C																												
																														


- termistori, rade na principu promene električnog otpora materijala sa promenom temperature što dovodi do promene napona (u zavisnosti od vrste otpor se može povećavati ili smanjivati sa povećanjem temperature), malih su dimenzija i mere visoke temperature.

Termistor		<p>U zavisnosti od materijala od kojih se prave termistori imaju:</p> <p>Opseg merenja: Max: 700 °C - 1000 °C Min: nekoliko desetina K</p>
-----------	--	--

Termoindikator (rade na principu topljenja materijala ili promene boje, lepe se na površine i izrađuju se za opsege 40 °C – 1400 °C).

Beskontaktni senzori (mere intenzitet termičkog zračenja prema Štefan-Bolcmanovom zakonu po kojem energija zračenja zavisi od apsolutne temperature tela i emisione površine).

- optički pirometar (fenomen da se na temperaturi iznad 500°C nevidljive radijacije pretvaraju u vidljive učestanosti)

Optički pirometar		Opseg merenja: +600 °C do +3000 °C Rezolucija: 1 °C Tačnost temperature: $\pm 0.5\%$ Min. prečnik tačke: 14mm (7.3, 4.6 mm) na 600 mm
-------------------	---	---

- infracrveni toplotni instrumenti

Infracrveni		Opseg merenja: -50 do +1000 °C Tačnost: $\pm 2\%$ rdg + 2 °C Rezolucija: 0.1 °C Optička rezolucija: 50:1
Linijiski skener		Opseg merenja: +600 do +1200 °C Spektralna osetljivost: 1 μ m Optička brzina skeniranja: 20-150 Hz Polje vidljivosti: 45° ili 90° Tačnost temperature: ± 3 °C Radna temperatura: 0 do +60 °C Vlažnost: 10-90%
Termovizijska kamera		Opseg merenja: -20 °C: do +250 °C Tačnost: $\pm 2\%$ ili 2 °C Termalna osetljivost: ≤ 0.06 °C IC rezolucija: 320x240 piksela

Pogrešno funkcionisanje koje se može pratiti termički

Pored prvenstvene funkcije da prati temperature procesa ili sistema da bi se otkrilo da li sistem ispravno radi postoje i greške koje se mogu otkriti praćenjem temperature.

- oštećenje ležaja (dovodi do porasta stvaranja toplote na površini kućišta ležaja),
- otkaz rashladnog medija (otkriva se porastom temperature na odgovarajućoj površini uređaja),
- pogrešno stvaranje toplote (pogrešno sagorevanje u SUS motorima i kotlovima dovodi do nejednolikog raspoređivanja temperature na površinama kućišta),
- nakupljanje nepoželjnih materijala (nakupljanje kamenca u cevima, pepela ili prašine u kotlovima i kanalima pojačava izolaciju komponente i menja se površinska temperatura),
- oštećenje izolacionih materijala (otkriva se lako skeniranjem kamerom sa infracrvenim zracima),
- greške na električnim komponentama (loš priključak struje i kontakti otpor dovodi do stvaranja toplote koja se otkriva kamerom sa infracrvenim zracima).

PRAĆENJE STANJA POMOĆU VIBRACIJE I BUKE

Parametar koji je omogućio da se u industriji razvije održavanje po stanju je vibracija. Mogućnost da se izmere i analiziraju vibracije, složenim uređajima iako vrlo komplikovana, dovoljna je da se utvrdi stanje, skoro u potpunosti svih rotirajućih delova i delova koji se kreću pod dejstvom linearnog ubrzanja. Vibracija se javlja usled mehaničkih nesavršenosti koje postoje u bilo kojim mašinama. Te nesavršenosti uzrokuju male vibracije, dok se pri pojavi defekta te vibracije povećavaju. Merenje (praćenje) vibracija služi kao ocena o stanju mašine. Pojava neke veće vibracije na mašini je siguran znak za neku neizbalansiranost, a to znači istrošenost, delimične lomove ili deformacije nekog dela.

Praćenje stanja pomoću vibracija i buke omogućuje da se kvar uoči na vreme i da se otkloni u periodu kada mašina po planu stoji a ne da se zbog kvara prekida proizvodnja. Takođe odstupanje od predviđenih stanja mašine upozorava službu kvaliteta da obrati pažnju na moguće promene u pogledu kvaliteta proizvoda.

Praćenje buke je jednostavnije od praćenja vibracija jer se elementi instrumenata ne pričvršćuju na mašinu ali spoljna buka može ometati merenje. U tom smislu merenje vibracija je selektivnije, može se ponavljati i ima druge prednosti tehničke prirode.

Sve mašine vibriraju jer je nemoguće postići apsolutnu izolovanost rotirajućih delova mašina ili delova koji se kreću pod dejstvom linearnog ubrzanja. Vibracije nastaju usled hrapavosti klizećih i kotrljajućih površina. Na slici 1. prikazani su najčešći uzroci nastanka prinudnih vibracija. (*7)

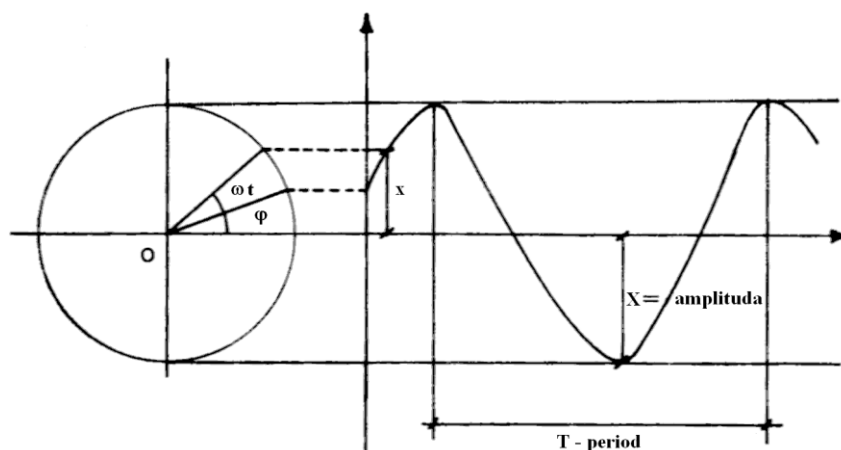
KARAKTERISTIČNI UZROČNICI NASTANKA PRINUDNIH VIBRACIJA		
		
NEURAVNOTEŽENOST	NESAOSNOST	LOŠE OZUBLJENJE
		
OŠTEĆEN KAIŠ	KLIZNI LEŽAJ	OLABAVLJENA VEZA
		
SAVIJANJE VRATILA	KOTRLJAJNI LEŽAJ	

Slika 1. Uzroci nastanka prinudnih vibracija.

Vibracija je periodično kretanje. Vibracije mogu imati različite oblike i to: čistu sinusoidnu krivu, periodičnu nesinusoidnu krivu, slučajnu neponovljivu krivu i kombinaciju prethodna tri oblika tj. u opštem slučaju vibracije na mašinama predstavljaju zbir mnogih harmoničnih i neharmoničnih kretanja odnosno kompleksno kretanje.

Matematički posmatrano vibracije se mogu pratiti preko pomeraja, brzine, ubrzanja ili neke izvedene veličine iz ove tri kao što je npr. “kvadrat srednje vrednosti brzine” tj. jednom reči preko signala. (*8)

Tok jedne vibracije merene pomerajem koju pravi npr. neizbalansiran rotor je sinusoidan (slika 2.). Parametri koji definišu vibraciju su: (*9)



Slika 2. Praćenje parametara vibracija.

- amplituda X [μm]
- frekvencija f [Hz]
- faza φ [$^\circ$]
- brzina v [mm/s]
- ubrzanje a [mm/s²].

Pomeraj x je dat izrazom:

$$x = X \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi), \quad [\text{mm}]$$

gde je: $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$, $f = 1/T$,
 T – period [s],
 ω – ugaona frekvencija [rad/s].

Brzina vibracija je po definiciji izvod pomeraja i data je izrazom:

$$v = \frac{dx}{dt} = X \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi), \quad [\text{mm/s}]$$

odakle se vidi da se brzina menja u vremenu, a sporazumno se pod brzinom vibracija podrazumeva njena maksimalna vrednost ($v_{\max} = X \cdot \omega$).

Ubrzanje se dobija diferenciranjem izraza za brzinu odnosno:

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = -X \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi), \quad [\text{mm/s}^2]$$

sa maksimalnom vrednošću: $a_{\max} = \ddot{x}_{\max} = -X \cdot \omega^2$.

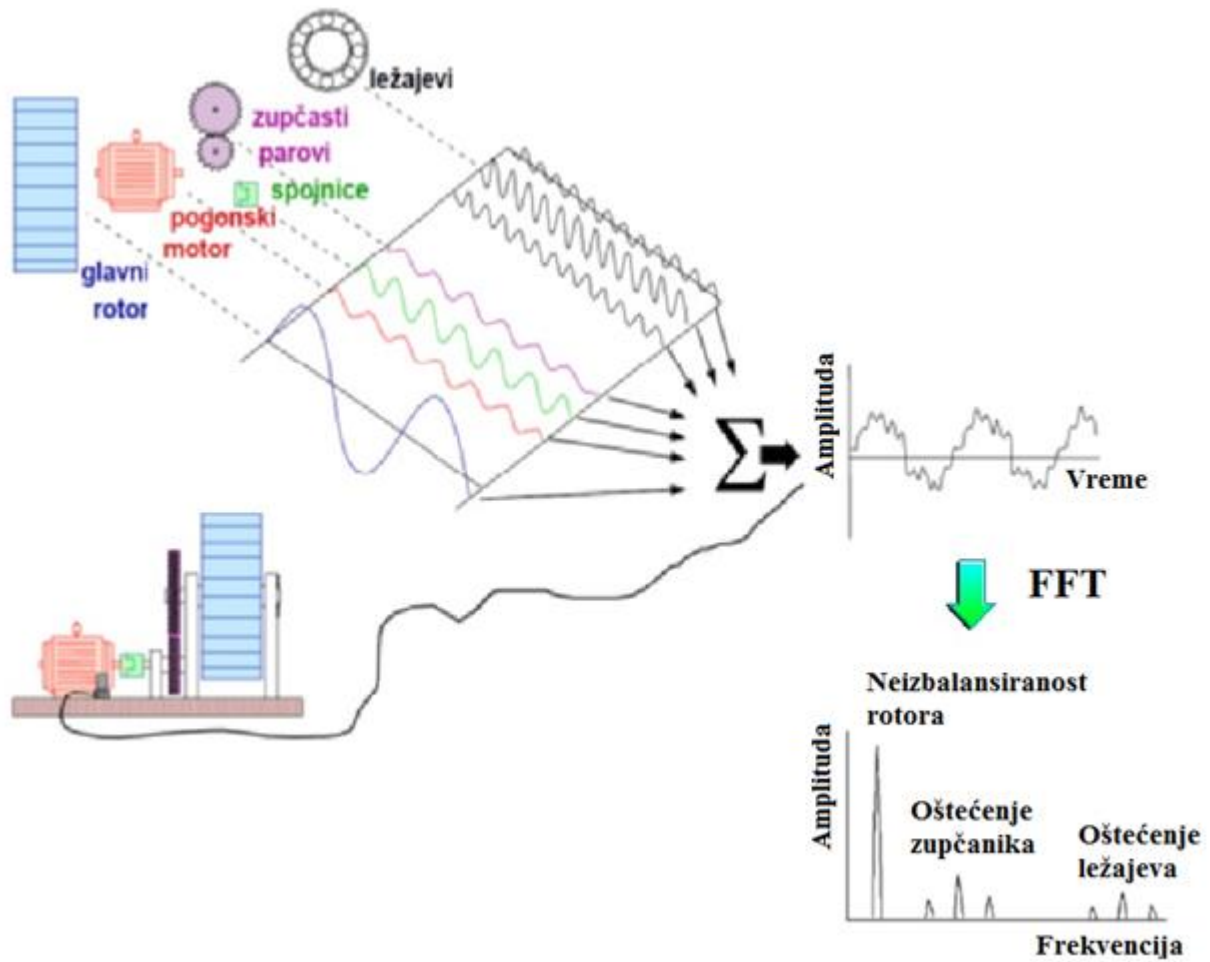
Centrifugalna sila koju daje rotirajuća masa usled vibracija je:

$$F = m \cdot r \cdot \omega^2.$$

gde je: m – masa rotirajućih delova,
 r – veličina ekscentričnosti od ose rotacije.

Vibracije neke mašine nisu samo posledica kretanja (rotacija, pravolinijsko kretanje) sastavnih delova u okviru mašine već i načina učvršćivanja mašine za podlogu.

Svaki sastavni deo (komponenta) mašine generiše karakteristične vibracije (slika 3). Senzor postavljen na jednoj tački mašine meri složenu vibraciju – signal koji predstavlja zbir svih vibracija prisutnih na tom mestu, kao što je prikazano na dijagramu Amplituda-Vreme (vremenski domen - područje).



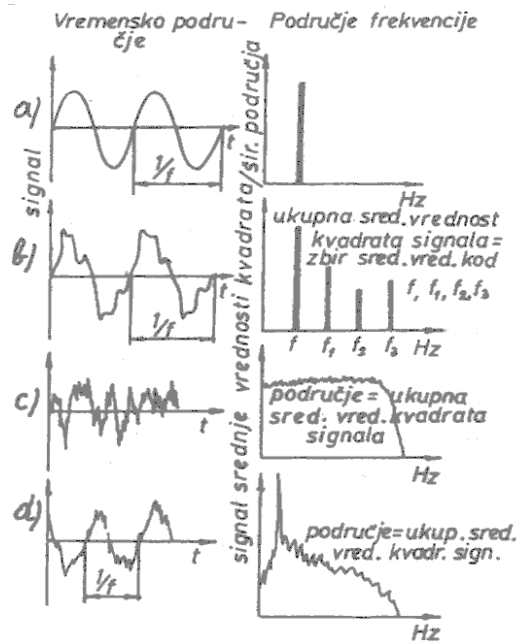
Slika 3. Vibracije sastavnih delova mašine.

Analiza signala omogućuje razlaganje složene vibracije – signala na komponente koje ga čine (karakteristične sinusoidne vibracije), odnosno njihove frekvence, kao što je prikazano na dijagramu Amplituda-Frekvencija (frekventni domen - područje).

Prevođenje signala iz vremenskog u frekventni domen (područje) postiže se primenom *Brze Fourierove transformacije* (Fast Fourier Transform – FFT).

Signal, koji se dobija merenjem vibracija mašine, može imati jedan od četiri oblika prikazan na slici 4.:

- sinusoidni, koji se dobija npr. praćenjem neizbalansiranog rotora i ima samo jednu komponentu frekvence,
- nesinusoidni, ali periodični u kojem ima mnogo posebnih komponenata frekvence,
- slučajni signal, koji se nikada ne ponavlja, koji npr. stvara protok tečnosti ili kontakt čvrstih pokretnih površina,
- kombinacija sinusoidnog, nesinusoidnog ali periodičnog i slučajnog signala, koji se dobija npr. kod ležišta malog elektromotora.



Slika 4. Oblici signala buke i vibracija. (*10)

Parametar “kvadrat srednje vrednosti” je opšte prihvaćena mera za veličinu signala: (*11)

$$v_{ksv} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T v^2 \cdot dt}$$

gde je: v trenutna vrednost signala koji osciluje oko nule. Period određivanja srednje vrednosti T mora biti mnogo duži od perioda najduže komponente frekvencije signala.

Odnos vršne vrednosti signala i kvadrata srednje vrednosti signala predstavlja meru jačine impulsa koji dovodi do oštećenja i naziva se **Q-faktor**. (*12) Primer praćenja ovog odnosa je karakterističan za kotrljajne ležajeve čije kuglice stvaraju udarce (impulse) kod svakog dodira sa rupicama (oštećenjima) na prstenu ležaja. Udarci izazivaju talase udarnih impulsa koji se prenose kroz telo mašine.


Uređaji za merenje vibracija i buke

U skladu sa prirodom vibracija konstruišu se i instrumenti za njihovo merenje. Instrumente za merenje vibracija delimo na vibrometre, koji mere amplitudu vibracija i analizatore vibracija koji omogućuju direktno merenje različitih parametara i analizu složene vibracije - signala, razlažući ga je na sinusoidne komponente.


Vibracije se mogu meriti preko pomeraja, brzine i ubrzanja. Preko ubrzanja se mere pojave sa visokim frekvencijama dok se preko pomeraja mere pojave sa

niskim frekvencijama. Kvadrat srednje vrednosti brzine smatra se najpovoljnijim za praćenje fenomena vibracija u području frekvencija 10-1000 Hz. Savremeni instrumenti omogućuju da se npr. ubrzanje integrirova i dobije brzina čijom se integracijom dobija pomeraj.

VIBROMETAR

Merač vibracija sa eksternim senzorom	Karakteristike:							
	<ul style="list-style-type: none"> Meri ubrzanje, brzinu i pomeraj vibracija 							
	<table border="1"> <tr> <td>Opseg ubrzanja</td><td>0.5 do 199.9 m/s²</td></tr> <tr> <td>Opseg brzine</td><td>0.5 do 199.9 mm/s</td></tr> <tr> <td>Opseg pomeraja</td><td>0.014 do 1.999 mm</td></tr> <tr> <td>Rezolucija</td><td>0.1 m/s², 0.1 mm/s; 0.001 mm</td></tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> Sadrži SD slot za SD memorijsku karticu Eksterni senzori za prihvatanje vibracije (Ø18 x 40 mm) uklj. magnet za fiksiranje Analogni izlaz za povezivanje sa Spektum analizatorom APP i za druge aplikacije Min-, Max-, i Data-Hold-funkcije, PC priključak - RS232/USB Opcioni pribor: AC/DC adapter, USB-kabl, softver SW-U801-WIN za analizu podataka 	Opseg ubrzanja	0.5 do 199.9 m/s ²	Opseg brzine	0.5 do 199.9 mm/s	Opseg pomeraja	0.014 do 1.999 mm	Rezolucija
Opseg ubrzanja	0.5 do 199.9 m/s ²							
Opseg brzine	0.5 do 199.9 mm/s							
Opseg pomeraja	0.014 do 1.999 mm							
Rezolucija	0.1 m/s ² , 0.1 mm/s; 0.001 mm							

ANALIZATOR

Data collector / FFT analyzer	Karakteristike:
	<ul style="list-style-type: none"> četvorokanalni data kolektor i signal-analizator; visoka spektralna rezolucija: 25600 linija (po kanalu) pri FFT spektralnom prikazu; maksimalna frekvencija pri FFT analizi 80 kHz; minimalna frekvencija pri FFT analizi 0,16 Hz; opcija prikaza u više prozora; kompatibilan sa MS Excel.

UREĐAJ ZA MERENJE BUKE

Merač buke SL300	Karakteristike:
	<p>Merni opseg: 30-130 dB Klasa 2 prema standardu DIN EN 61672 Tačnost: ± 1.4 dB Rezolucija: 0,1 dB Frekventni opseg: 31.5 Hz - 8 kHz</p> <p>Radni uslovi: 0 do 40 °C, 10 do 90 % RH Dimenzije: 210 x 55 x 32 mm Težina: 230 g</p>

Program preventivnog održavanja prema stanju praćenjem vibracija

Program preventivnog održavanja prema stanju, praćenjem vibracija kao parametra stanja, treba da predstavlja organizovani napor usmeren ka postizanju dugog rada postrojenja bez smetnji i koji treba da štiti od skupih prekida rada i obezbedi efikasno održavanje proizvodnih postrojenja.

Program preventivnog održavanja prema stanju praćenjem vibracija zasniva se na činjenicama:

- sve mašine vibriraju i stvaraju buku zbog manjih ili većih mehaničkih defekata,
- prekomerne vibracije ili znatno povećanje normalnih vibracija ili nivoa buke mašine predstavlja upozorenje da su neispravnosti ili defekti postali mehanički problemi,
- razne smetnje stvaraju vibracije i buku na različite načine.

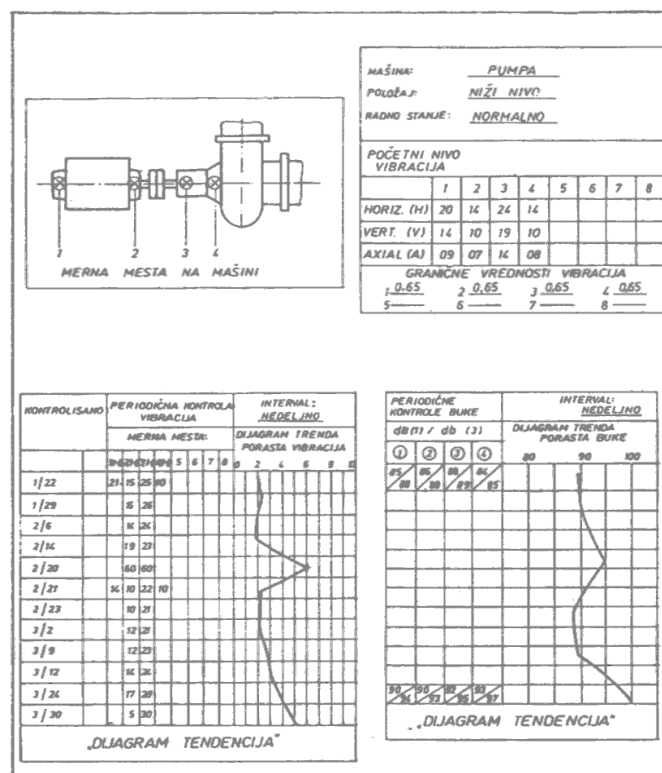
Tekuća detekcija i analiza problema na mašinama predstavlja najbolji način održavanja mašina. Rano otkrivanje problema, pre nego što se javi učestalo otkazivanje rada, omogućuje dijagnosticiranje prirode problema u toku rada mašine a to donosi sledeće pogodnosti:

- zaustavljanje mašine se može planirati u toku pogodnog vremena tj. planskog zastoja,
- pre planiranog prekida rada može se pripremiti plan rada zajedno sa zahtevima za radnom snagom, alatima i rezervnim delovima,
- otklanjanje neispravnosti koje prouzrokuju prekomerne vibracije smanjuje i buku mašina,
- mašine u dobrom eksploatacionom stanju mogu da nastave da rade sve dok se ne pojave problemi. Nije potrebno zaustavljati mašine radi provere.

Periodična kontrola vibracija i buke omogućuje detekciju postojanja smetnji, a analiza vibracija otkriva koji deo mašine je neispravan i zašto.

Detekcija

U sklopu detekcije vibracija koriste se prenosni ručni instrumenti za periodična merenja vibracija (vibrometri). Ova ručna kontrola buke i vibracija mašina vrši se sa ciljem da se utvrdi da li je došlo do njihovog povećanja, što je znak da je došlo do nastajanja mehaničke neispravnosti. Stanje se prati i upoređuje sa do sada poznatim i standardizovanim podacima. Podaci za određeni dan se unose u listu podataka koja daje pregled mehaničkog stanja mašine i upozorava kontrolno osoblje na eventualnu neispravnost koja predstoji. (slika 5.)



slika 5. Lista podataka za praćenje vibracija.

Analiza

Po izvršenoj detekciji neispravnosti, sledeći korak je utvrđivanje prirode problema tj. da se analizom signala ukaže na specifičan problem mašine identifikovanjem njenih specifičnih karakteristika vibracija i buke (analizatori). Upoređivanjem ovih informacija (signala) sa podacima koji se znaju o mašini, veoma brzo se može ukazati na neispravnost i odrediti njena korekcija.

Otklanjanje vibracija

Glavni uzrok jakih vibracija je najčešće debalans i/ili nesaosnost rotacionih delova. Otklanjanje vibracija se vrši otklanjanjem njihovih uzoraka i u tu svrhu se vrši analiza frekvencija signala i poređenje sa podacima iz standarda. Na osnovu dobijenih podataka i analize pristupa se balansiranju i/ili podešavanju saosnosti rotacionih delova, zameni dotrajalih ili popravci oštećenih delova mašina i sl.

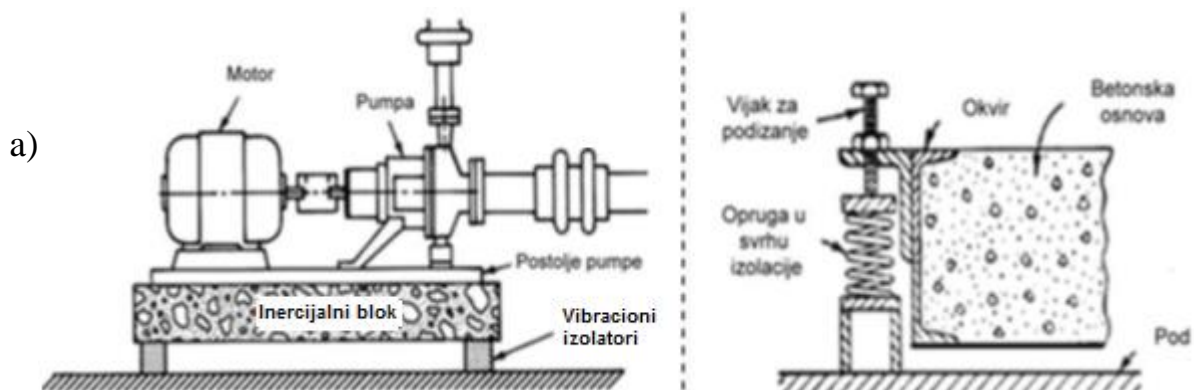
Balansiranje rotirajućih delova se može vršiti na posebnim uređajima ili na samoj mašini koja se prati. Balansiranje se može izvoditi u sve tri ravni, takođe je moguće statičko i dinamičko balansiranje.

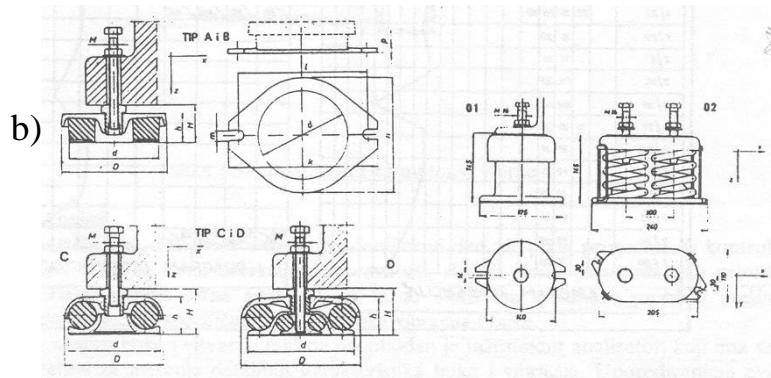
Podešavanje saosnosti (vratila, kaiševa, mašina u nizu itd.) vrši se posebnim prenosivim uređajima na samoj mašini. (slika 6.)



Slika 6. Uređaji za podešavanje saosnosti.

Otklanjanje buke i vibracija preventivno (proaktivno) se izvodi i ugradnjom elemenata za zaštitu od buke i vibracija koji vezuju mašine za podlogu – gumeni elastični i opružni podmetači (vibracioni izolatori). (slika 7 a & b.)

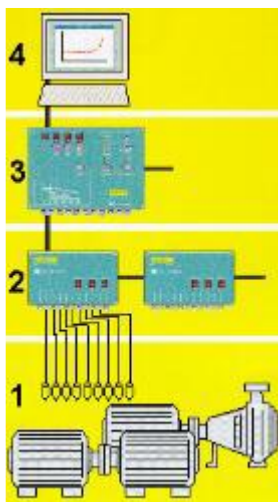




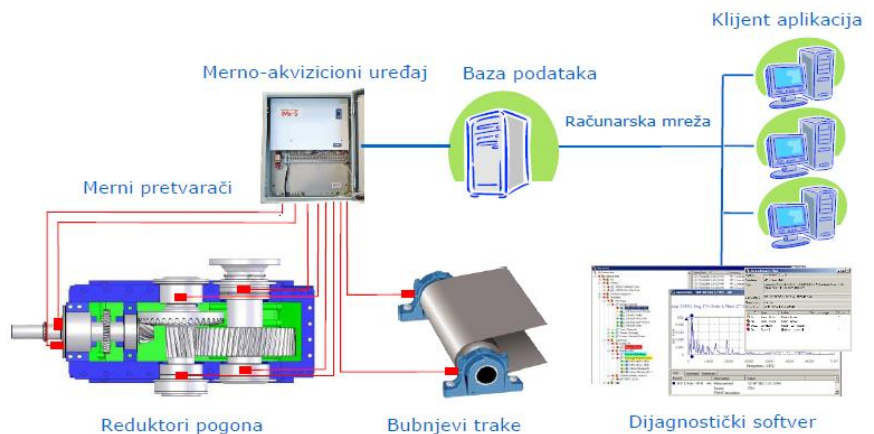
Slika 7. Vrste vibracionih izolatora za vezivanje mašina za podlogu.

SISTEMI ZA STALNI NADZOR STANJA MAŠINA

Sistemi za stalni nadzor stanja mašina omogućavaju neprekidan (on-line) uvid u stanje rotacionih i sastavnih delova mašina koji se kreću pod dejstvom linearnog ubrzanja. Ovakvi sistemi obično omogućuju nadzor nad više stotina lokacija (mernih mesta) istovremeno. Takođe, stvaraju bazu podataka izmerenih veličina bitnih za stanje sastavnih delova mašina čije se stanje prati, na osnovu čega izračunavaju trend promene stanja sastavnih delova i unapred upozoravaju korisnika na eventualne kvarove koji su predvidivi kao i na vremenske trenutke njihovog pojavljivanja. Sistemi za stalni nadzor stanja mašina mogu se koristiti u pogonu za nadzor više pojedinačnih mašina (slika 8a) kao i za stalni nadzor pojedinih podsistema na kompleksnim mašinama (slika 8b).



a)



b)

Slika 8. Sistemi za stalni nadzor stanja mašina.

- Pojedinačne mašine - podsistemi (1), opremljene senzorima za praćenje stanja. Senzorima je moguće meriti: stanje vibracija (ubrzanje, brzinu, pomeraj), temperaturu, broj obrtaja, oštećenje ležajeva, kavitaciju).

- Merni pretvarači (2), signale dobijene od senzora pretvaraju u digitalni oblik.
- Merno akvizicioni uređaj (3), koji nakon pokretanja sistema obavlja merenje, zapisuje podatke u memoriju iz koje se podaci prenose u PC, kontroliše merni proces, nadzire i daje alarmne indikacije, omogućuje povezivanje sa spoljašnjim uređajima za prenos izmerenih podataka.
- Dijagnostički softver (4), pokreće sistem za praćenje stanja, određuje se koje će se veličine (parametri stanja) na kojim mestima meriti, setuje alarmne nivoe, stvara bazu podataka, izračunava trend promene stanja.

IZBOR SISTEMA ZA PRAĆENJE STANJA MAŠINA

Na slici 9., prikazan jedan od mogućih načina za izbor sistema za praćenje stanja mašina na osnovu kriterijuma kao što su:

- Trošak izgubljene proizvodnje,
- Cena po mernom mestu,
- Potrebna učestanost merenja, i
- Vreme rada mašine do otkaza.



Slika 9. Sistemi za praćenje stanja mašina i njihova primena.

PITANJA:

- X1. Ukupni troškovi održavanja.
- X2. Zavisnost ukupnih troškova održavanja od intenziteta održavanja.
- X3. Pokazatelji ekonomičnosti aktivnosti održavanja.
- X4. Struktura troškova održavanja (min. 3).
- X5. Mogućnosti smanjenja troškova rezervnih delova.
- X6. Podela rezervnih delova.
- X7. Delatnost obezbeđivanja rezervnih delova.
- X8. Godišnja potrošnja rezervnih delova – ABC dijagram.
- X9. Određivanje minimalne zalihe rezervnih delova.
- X10. Određivanje maksimalne količine zaliha rezervnih delova.
- X11. Čime se određuje signalna zaliha rezervnih delova.
- X12. Dijagram zaliha rezervnih delova.
- X13. Faktori koji utiču na optimizaciju zaliha (min. 4).

- Y1. Osnovni resursi održavanja.
- Y2. Osnovni elementi koje treba razmatrati pri određivanju broja izvršilaca (min. 4).
- Y3. Promenljive na osnovu kojih se vrši određivanje potrebnog broja izvršilaca u zavisnosti od tehničkog sistema (min. 3).

- 1. Navesti najčešće uzroke kvarova (min. 4).
- 2. Navesti pojave koje na prvi pogled predstavljaju uzroke kvarova a ne mogu smatrati za uzrok kvara (min 4).
- 3. Odnos vremena dijagnoze i popravke kvara kod mehaničkih i elektronskih kvarova.
- 4. Navesti tehnike praćenja postrojenja pod opterećenjem (min. 3).
- 5. Navesti tehnike praćenja postrojenja bez opterećenja (min. 3).
- 6. Tehnike praćenja stanja za opštu namenu.
- 7. Navesti najčešće uzroke nastanka prinudnih vibracija (min. 3).
- 8. Načini praćenja vibracija.
- 9. Koji parametri definišu vibraciju.
- 10. Oblici signala buke i vibracija.
- 11. Parametar “kvadrat srednje vrednosti” signala.
- 12. Q – faktor.