

OTKAZI ELEMENATA HIDRAULIČNE INSTALACIJE

FAILURES OF HYDRAULICAL INSTALLATION ELEMENTS

Prof. dr Živoslav Adamović
Eleonora Desnica
Mr Ljiljana Radovanović
Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin



REZIME:

U današnje vreme privreda nosi velike materijalne gubitke zbog nedovoljne pouzdanosti mašina i nedovoljne primene tehničke dijagnostike. Hidraulična instalacija je deo mašine ili tehnološke opreme, i zato od njene pouzdanosti zavisi efikasnost mašina i ispunjavanje zadanog obima rada. U radu su prikazani faktori koji određuju pouzdanost hidraulične instalacije kao i osnovni razlozi neispravnosti hidraulične instalacije.

Cljučne reči: otkaz, hidraulična instalacija, pouzdanost

1. UVOD

Za analizu i kvantitativnu ocenu pouzdanosti hidrauličnih instalacija treba razlikovati događaje koji se određuju pojmovima "otkaz" i "oštećenje". Za svaki elemenat i instalaciju u celini, znaci otkaza utvrđuju se normativno-tehničkom dokumentacijom, od strane proizvođača.

"Oštećenje" je narušavanje ispravnog stanja hidraulične instalacije ili njenih sastavnih delova usled uticaja spoljašnjih faktora koji premašuju nivoe koji su utvrđeni normativno-tehničkom dokumentacijom. "Oštećenja" mogu biti bitna, koja su razlog otkaza i gubitka radne sposobnosti i nebitna, kod kojih se radna sposobnost čuva. Ipak i nebitna oštećenja ako nisu otklonjena, mogu preći u bitna i dovesti do otkaza.

Svi razlozi pojavljivanja otkaza mogu se podeliti na četiri grupe:

1. Otkazi koji su posledica grubih grešaka koje su povezane sa narušavanjem normi projektovanja, sa nepridržavanjem zahteva normativno-tehničke dokumentacije za projektovanje sa narušavanjem tehnologije proizvodnje i zahteva koji su utvrđeni konstruktorskom i tehnološkom dokumentacijom, sa narušavanjem pravila i uslova eksploatacije, itd.;

ABSTRACT:

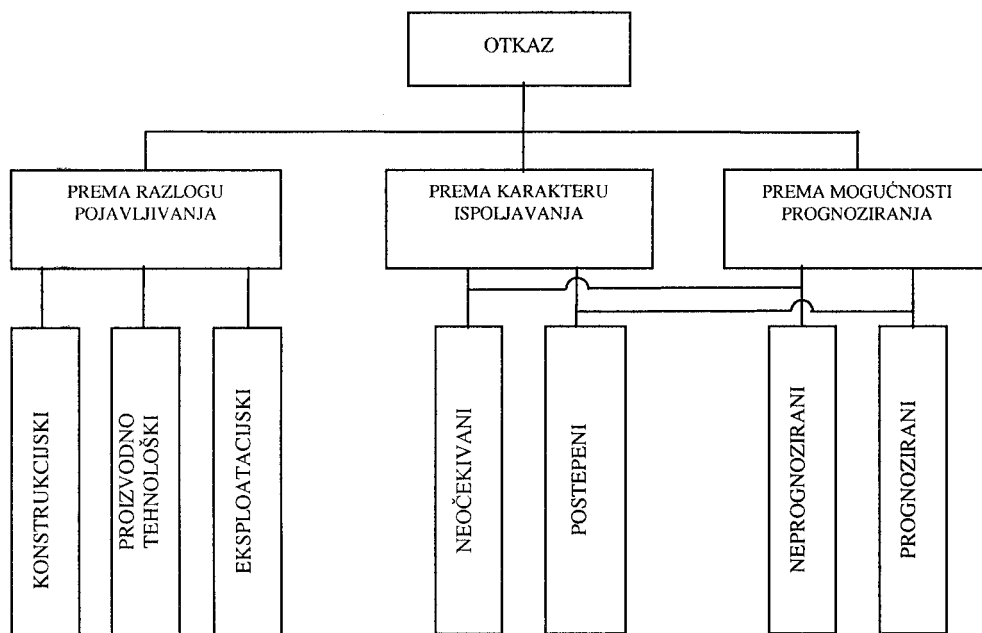
Today, economy carries big material damage, because of not enough reliability and technical diagnostic apply. Hydraulic installation is component part of machine or technical equipment, because of installation reliability depend efficiency of machines and performance of requisite working space. This paper shows reliability factors of installation as well as basic argument of incorrect work of hydraulic installation.

Key words: failure, hydraulic installation, reliability

2. Otkazi izazvani skrivenim defektima i oštećenjima čije ispoljavanje i upozoravanje zahteva specijalna istraživanja fizičko-hemiskih procesa koji protiču u realnim uslovima eksploatacije, na primer promena karakteristika spojenih površina u periodu rada instalacije u zavisnosti od opterećenja i temperature;
3. Otkazi izazvani spoljašnjim uticajima (dinamičkim opterećenjima, temperaturom, vibracijom i dr.) čije vrednosti premašuju proračunske (bazne);
4. Otkazi izazvani prirodnim starenjem i habanjem materijala i promenom osobina radne tečnosti u procesu eksploatacije.

2. KLASIFIKACIJA OTKAZA

Otkazi se klasifikuju prema različitim osobinama od kojih su osnovni razlozi za pojavljivanje neispravnosti koja dovodi do otkaza, karakter promene parametara instalacije, tj. karakter ispoljavanja otkaza do momenta gubitka radne sposobnosti, mogućnost prognoziranja (previđanja) otkaza (slika 1) i dr.



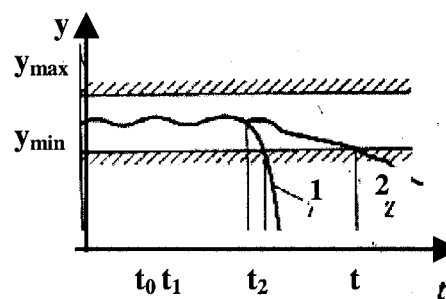
Slika 1. Klasifikacija otkaza

Konstruktivski otkaz uslovljen je greškama koje su dozvoljene pri projektu narušavanjem normi i pravila projektovanja. Po pravilu, on je posledica nedovoljne provere instalacije na uticaj dinamičkih opterećenja, lošeg izbora materijala i krutosti pogonskih elemenata, nepravilne namene sklopova i tolerancija, nepodudaranja proračunskih podataka čvrstoće i otpornosti materijala na habanje itd.

Proizvodni otkaz pojavljuje se zbog narušavanja utvrđenog procesa izrade i remonta. Razlozi za proizvodni otkaz mogu biti nepridržavanje zahteva projektne dokumentacije pri izradi, primena materijala sa mehaničkim osobinama koje se razlikuju od osobina zadatih projektom dokumentacijom, korišćenje nestandardnih elemenata, nedovoljna ulazna i izlazna kvalitativna kontrola elemenata i materijala i dr.

Eksploatacijski otkazi su posledica narušavanja utvrđenih pravila i uslova eksploatacije, a takođe prirodnog habanja povezanih delova, promena osobina radne tečnosti, grešaka operatora (rukovaoca) i dr.

Svi otkazi prema karakteru ispoljavanja dele se na neočekivane i postepene. Ako se u svojstvu uopštenog parametra koji karakteriše radnu sposobnost instalacije može izabrati vektor y (pritisak, protok, učestanost obrtanja i dr.), onda se podele na neočekivane i postepene otkaze određuje brzinom promene uopštenog parametra (slika 2).



Slika 2. Zavisnost uopštenog parametra od vremena

Postepene otkazi su otkazi za koje brzina promene uopštenog parametra ima konačnu (finalnu) vrednost (kriva 2 na sl. 2). Osnovno obeležje postepenih otkaza je zavisnost momenta t_2 njegovog pojavljivanja od trajanja t_0 predhodnog rada elemenata. Što je veće vreme rada elementa, to je veća verovatnoća pojavljivanja otkaza. Postepeni otkazi instalacije su posledica nepovratnih promena u vremenu i njenih osobina koje su izazvane starenjem, habanjem, nagomilavanjem oštećenja usled zamora, zapašenjem filtera i prigušnica i sl.

Neočekivani otkazi (kriva 1 na sl. 2) karakterišu se oštrom, skokovitom promenom uopštenog parametra (brzina promene teži ka beskonačnosti) pod uticajem jednog ili nekoliko poremećaja koji su izazvani greškama u konstruisanju, proizvodnji i eksploataciji. Osnovno obeležje neočekivanih otkaza je nezavisnost mo-

menta t_1 njegovog pojavljivanja od trajanja prethodnog rada elementa. Kao primeri takvih otkaza mogu da služe otkazi zbog pojavljivanja pukotina, zbog lomljenja delova kao rezultat nepravilne eksploatacije ili pojavljivanja preopterećenja, lomljenja i deformacije delova, koji su se desili u uslovima rada kada svaki parametar dobija ekstremne vrednosti (najveće opterećenje, minimalna čvrstoća materijala, povišena temperatura itd.). Često se otkazi čije se pojavljivanje povezuje sa promenom parametara instalacije nazivaju "parametarskim".

Pojmovi "parametarski otkaz" i "postepeni otkaz" ne podudaraju se jer "parametarski otkazi" mogu da sadrže "postepene" i "neočekivane", ako postoji analitičko opisivanje odgovarajućeg procesa. Treba takođe imati u vidu da podela otkaza na "postepene" i "neočekivane" ima uslovni karakter jer je teško naći granicu između skokovite ili postepene promene tog ili drugog parametra. Sa povećanjem razmera vremena sve promene mogu se predstaviti u obliku postepenog procesa.

Podela otkaza na "postepene" i "neočekivane" obično se povezuje sa mogućnošću kontrole procesa. Kod postepenih otkaza karakteristike instalacije menjaju se u vremenu i shodno tome principijelno se može pomoću specijalnog sistema kontrole ili specijalnih ispitivanja prognozirati momenat nastupanja otkaza i mogu se preduzimati odgovarajuće mere koje obezbeđuju očuvanje radne sposobnosti instalacije.

Postepeni otkazi koji se mogu kontrolisati i prognozirati nazivaju se *prognozirani*.

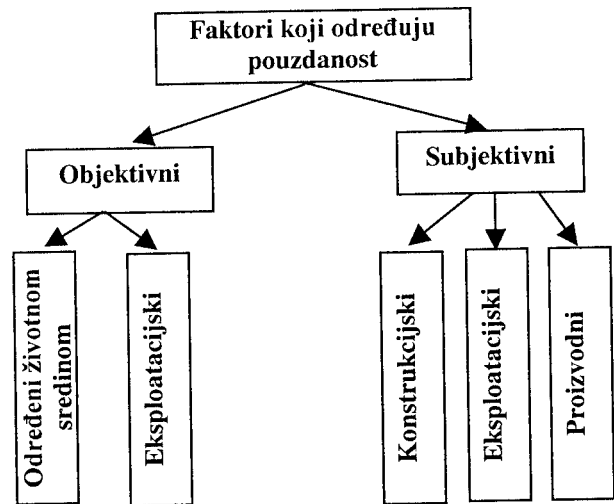
Ako se označi vreme početka razvijanja otkaza preko t_0 , a vreme završetka otkaza preko t_a , onda se $\Delta t = t_a - t_0$ naziva vreme ekspozicije otkaza.

Sistem kontrole stanja poseduje određenu brzinu rada t_k , koja zavisi od regulisanja i brzine promene parametra kontrolisanog parametra. Pri $\Delta t > t_k$ otkaz se smatra prognoziranim, a pri $\Delta t < t_k$ neprognoziranim i može se odnositi na kategoriju neočekivanih. U zavisnosti od namena i uslova eksploatacije instalacije uloga konstruisanja, proizvodnje i eksploatacije u raspoređivanju otkaza menja se. Za instalacije koje rade u teškim uslovima eksploatacije (putne, poljoprivredne, rudarske i dr.) najveći deo otkaza određuje se prema eksploatacionim uzrocima.

Težnja da se poveća pritisak radne tečnosti u instalacijama dovodi do povećanja dela otkaza koji su povezani sa nehermetičnošću elemenata.

3. FAKTORI KOJI ODREĐUJU POUZDANOST HIDRAULIČNE INSTALACIJE

Pojavljivanje otkaza povezano je sa spoljašnjim i unutrašnjim uticajima, koji narušavaju energetska ravnotežu i izazivaju procese koji brzo protiču, procese srednje brzine i procese koji sporo protiču. Pri projektovanju i eksploataciji instalacije na njenu pouzdanost utiču različiti faktori koji su uslovljeni objektivnim i subjektivnim uzrocima (sl. 3).



Slika 3. Faktori koji određuju pouzdanost

Procesi koji brzo protiču karakterišu se velikim brzinama i periodičnošću promene parametara koji su određeni delovima sekundi. Na takve procese odnose se vibracije elemenata, rezonansne pobude, pulsacije pritiska u radnim i kanalima i dr. Ovi procesi utiču na uzajamno razmeštanje elemenata, narušavaju njihovu uzajamnu vezu i deformišu radni proces instalacije.

Procesi srednje brzine protiču za vreme radnog ciklusa mašine, njihovo trajanje meri se minutama i časovima. Na takve procese odnose se promene temperature radne sredine i radnog tela, vlažnosti, fizičkih osobina radne tečnosti i dr. Ovi procesi dovode do postepenih otkaza.

Procesi koji sporo protiču deluju u toku čitavog perioda eksploatacije mašine. Na njih se odnose habanje kliznih delova, prirodno starenje i zamor materijala, sezonska promena temperature i vlažnosti.

Svi navedeni procesi po svojoj prirodi su determinisani, a po uticaju na konkretan period – slučajni.

Prema fizičkoj prirodi svi faktori koji imaju uticaj na pouzdanost instalacije u procesu eksploatacije mogu se podeliti na tri grupe: klimatski, hidraulični i mehanički.

Klimatski faktori. Na klimatske faktore odnose se temperatura, vlažnost, radijacija Sunca i prašnjavost životne sredine.

Uslovi eksploatacije smatraju se normalnim, ako je temperatura životne sredine 293 ± 10 K, relativna vlažnost 60 ± 20 %, u vazduhu odsustvuju prašina i štetne primese. Očigledno je da takvi uslovi mogu biti samo u specijalno opremljenim prostorijama.

Temperatura životne sredine je jedan od najaktivnijih faktora. Hidraulična instalacija opšte namene može se eksploatirati u mašinama koje rade u različitim klimatskim uslovima.

Pri povećanju temperature mehanička svojstva većine materijala postaju lošija, smanjuje se modul elastičnosti, snižava se granica čvrstoće. Povećanje temperature izaziva ubrzanje procesa starenja mnogih plastičnih masa i gumenih materijala. Materijali za podmazivanje i radne tečnosti gube gustinu što dovodi do povećanja oticanja kroz zazor i zaptivke.

Niska temperatura snižava mehaničku čvrstoću materijala, smanjuje plastičnost, povećava krtost (krtost na hladno), povećava gustinu tečnosti. Pri niskoj temperaturi zbog unutrašnjih strukturnih promena pojavljuju se dopunska lokalna naprezanja u materijalima, koja dovode do krtog razaranja.

Povećanje gustine tečnosti izaziva značajne gubitke pritiska u cevovima što dovodi do snižavanja snage i momentnih karakteristika.

Vlažnost vazduha takođe bitno utiče na radnu sposobnost instalacije. Osobina materijala da apsorbira vodu naziva se hidroskopnost. Na površini materijala već pri relativnoj vlažnosti 60 do 70% pojavljuje se molekularni spoj vode koji pri daljem povećanju vlažnosti prelazi u polimolekularni i sloj vode dostiže debljinu nekoliko desetina mikrometara. Vлага koja se nalazi na površini prolazi kroz pore koje se nalaze u materijalu usled apsorpcije ili narušavanja hermetičnosti. Vлага izaziva elektrohemijsku koroziju, menja mehanička i električna svojstva provodnika i izolacije.

Prašnjavost vazduha je rezultat rada mašina sa sipkim materijalima u uslovima prašine. Vazduh se ispunjava prašinom koja se sastoji od čestica kvarca, silicijuma, oksida gvožđa i dr. Tvrdoća ovih čestica često premašuje tvrdoću materijala od koga su izrađeni elementi instalacije.

Hidraulični faktori. Nosilac energije u instalaciji je tečnost, zato svaki uticaj, koji dovodi do promene njenih karakteristika može da bude razlog otkaza.

Na hidraulične faktore odnosi se čistoća, temperatura, zasićenost gasom (sadržaj vazduha) i starene radne tečnosti.

U hidrauličnim instalacijama građevinskih mašina osnovni deo čine otkazi koji su izazvani zaprljanošću radne tečnosti mehaničkim primesama u procesu proizvodnje i montaže instalacije, a takođe pri punjenju (snabdevanju). Pri radu instalacije u tečnost neprekidno dospevaju proizvodi habanja spojenih delova. Pri čuvanju, materije koje zagađuju izdvajaju se kao rezultat oksidacionih procesa između tečnosti i dodataka koji se primenjuju za poboljšanje eksploatacijskih osobina radne tečnosti.

Posebna klasa čistoće tečnosti određuje se namenom instalacije. Za industrijsku instalaciju tečnost se smatra čistom ako zaprljanost u odnosu na masu ne prelazi 0,005%, to jest, 50 mg/l.

Na radnu sposobnost instalacije imaju uticaj, ne toliko masa primesa, koliko veličine tvrdih čestica i njihova tvrdoća.

Pri zaprljanosti radne tečnosti opaža se intenzivno habanje razvodničkih uređaja pumpi, a kao rezultat toga smanjuje se obimni koeficijent korisnog dejstva.

Pri kretanju tečnosti sa velikom brzinom zagađivanja u vidu tvrdih čestica deluju na površine delova slično abrazivnoj emulziji. Vremenom, povećavaju se zazor, smanjuju se prekrivanja (preklapanja), menjaju se koeficijenti utrošaka prigušnica i mlaznica. Pri povećanju oticanja tečnosti zbog habanja elemenata instalacije smanjuje se krutost sistema i brzina kretanja izvršnih organa. Pri zagađivanju nastaju naprezanja koja su neophodna za premeštanje razvodnika što može izazvati otkaz.

Temperatura bitno utiče na sve fizičke parametre radne tečnosti koje određuju njene karakteristike. Ona se menja kao rezultat izdvajanja toplote pri proticanju tečnosti kroz male zapore. Približno relativno izdvajanje toplote u elementima instalacije raspoređuje se na sledeći način: hidromagistrale i uređaji upravljanja 10%, pumpa za hidraulične sisteme i hidropokretači 10%, razvodnički uređaji i ventili 80%.

Ako se ne primenjuju specijalni sistemi hlađenja instalacije, onda temperatura tečnosti u posebnim slučajevima može dostići 400 K i više.

Pri promeni temperature menja se viskoznost i gustina tečnosti i, kao posledica, otpor unutrašnjih kanala instalacije, naprezanja i brzine na izlaznom sastavnom delu. Pri oceni uticaja temperature na karakteristike instalacije treba uzimati u obzir da pri povećanju viskoznosti do određenih granica zahvaljujući smanjivanju oticanja raste obimni koeficijent korisnog dejstva.

Ipak pri tome se povećava sila trenja i smanjuje mehanički koeficijent korisnog dejstva. Sledi da, za obezbeđivanje visokog koeficijenta korisnog dejstva temperatura tečnosti treba da bude optimalna, koja obezbeđuje minimalne gubitke.

Sadržaj vazduha u radnoj tečnosti određuje njenu elastičnost (kompresibilnost) i osobine za podmazivanje.

Vazduh može da prodire u hidrosistem kako u momentu montaže i remonta, tako i u periodu eksploatacije. Najintenzivnije usisavanje vazduha dešava se u zonama sniženog pritiska po linijama usisavanja. U periodu usisavanja, kada se u radnim komorama stvara razređivanje, vazduh može da prodire kroz zatore sklopova i kroz zaptivke čeonih razvodnika. Intenzivno zasićenje tečnosti vazduhom takođe se dešava kada se mesto za oticanje i drenažni otvori cevovoda nalaze na površini nivoa tečnosti.

Izvor zasićenja tečnosti vazduhom takođe je kavitacija, koja nastaje pri lokalnom smanjenju pritiska ispod kritičnog značenja usled velikih lokalnih brzina kretanja tečnosti.

Tečnost u hidrosistemu praktično nikada nije monofazna. U njoj se sadrži gasnovazдушna komponenta koja može biti kako u rastvorenom (široj otvorenoj) (faza R), a takođe i u nerastvorenom (faza G) obliku.

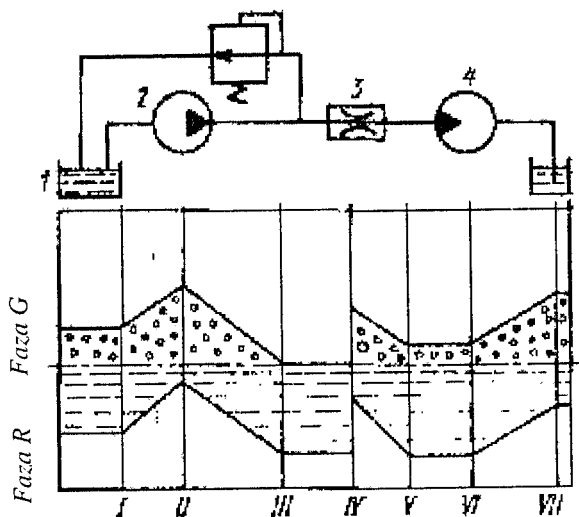
Kvantitativni sadržaj faze G određuje se silama površinskog naprezanja, pritiskom, lokalnim brzinama, temperaturom i drugim faktorima. Kvalitativni karakter faznog prelaska u protočnom delu instalacije prikazan je na sl. 4.

Vazduh pojačava kavitaciju u prigušničkim elementima što snižava njihove protočne karakteristike.

Pri malim preseccima cevovoda zasićenje gasa može dovesti do stvaranja vazdušnih čepova i do pulsacijskih režima rada.

Prisutnost vazduha u tečnosti izaziva visokofrekventne oscilacije pritiska u kanalima instalacije što dovodi do povećanja nivoa vibracije cevovoda i do dopunskog povećanja nivoa buke, utiče na kompresibilnost tečnosti koja ispunjava radne kapacitete izazivajući dopunske utroške snage.

Starenje radne tečnosti je promena njenog sastava i osobina (viskoznosti, antikorozivne sposobnosti i sposobnosti za podmazivanje), koje je uslovljeno destrukcijom molekula pod uticajem visokih pritisa i procesa oksidacije i polimerizacije. Rok trajanja ulja zavisi od uslova eksploatacije instalacije i uglavnom se određuje



Slika 4. Šema faznog prelaska vazduha u hidrosistemu: 1 - kotao (rezervoar, sud); 2 - pumpa; 3 - prigušnica; 4 - hidraulični motor (hidropokretač)

pritiskom, temperaturom, zasićenošću gasom i dužinom kontakta sa materijalima koji kataliziraju (bakrom, kalajem i dr.).

Mehanički faktor. Usled jakog uzajamnog dejstva u instalaciji pojavljuju se udari, opterećenja i vibracije.

Udar se karakteriše pretvaranjem kinetičke energije spoljašnjih sila u potencijalnu energiju deformacije elemenata konstrukcije i obrnuto pretvaranje elastične deformacije u kinetičku energiju. Za neelastične konstrukcije udar izaziva prigušene oscilacije na vlastitoj frekvenciji. Usled toga u krtnim materijalima pojavljuju se naprsline i lomovi. Mogući dijapazon preopterećenja koja su izazvana udarima veoma je veliki – od nule za stacionarne sisteme do $2 \cdot 10^3$ g za građevinske mašine.

Opterećenja koja nastaju usled jakog uzajamnog uticaja u instalaciji dele se na poziciona i inerciona.

Poziciono opterećenje utiče uglavnom na statičke karakteristike. Konstantna sila koja se odupire ili prateća sila na izlaznom članu (sastavnim delu) instalacije dovodi analogno do smanjivanja ili povećavanja brzine izlazne karike (sastavnog dela, člana). Poziciono opterećenje na izlaznoj kariki deformiše amplitudno-frekventnu karakteristiku i povećava fazna pomeranja što menja koeficijente (faktore) sigurnosti i brzinu rada instalacije.

Vibracije – to su mehanička oscilovanja u agregatima hidraulične instalacije koja nastaju usled nesavršenosti konstrukcije, defekata i posebnih uslova eksploatacije. Osnovni izvor vibracija svih mašina je rotor. Njegova statička i dinamička neuravno-

težnost dovodi do pojavljivanja sila i momenata koji izazivaju vibracije kako samog rotora, tako i hidraulične mašine u celini.

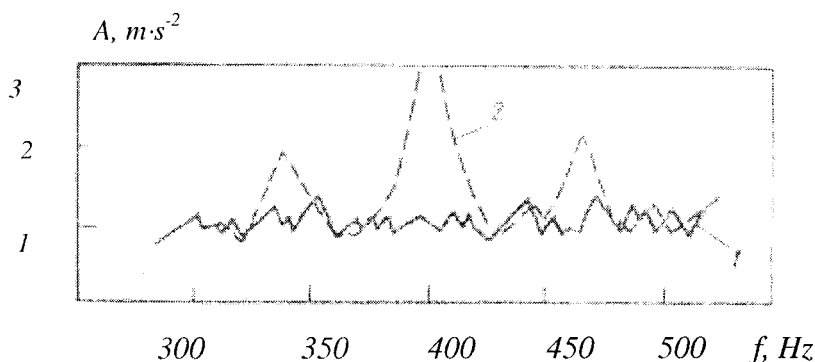
Neuravnoteženost i nebalansiranost obrtnih delova hidrauličnih mašina je posledica nepreciznosti izrađenih delova i sklopova, raznorodnosti materijala, elastičnih itd. U procesu eksploatacije neuravnoteženost rotora povećava se pri delovanju jakih smetnji (poremećaja), temperaturnih deformacija i habanja.

Osnovna vibracija koja je uslovljena postojanjem masene neuravnoteženosti pojavljuje se sa učestanošću koja je jednaka učestanosti obrtanja rotora i naziva se prvi rotorski harmonik. Nelinearni efekti koji su izazvani uticajem eksploatacijskih sila dovode do pojave dopunskih vibracionih komponenti čije su učestanosti deljive bez ostatka sa osnovnim harmonikom: $f=i\omega$, gde je i – red harmonika, ω - ugao- na brzina rotora 1/s.

U hidrauličnim instalacijama prevashodno se primenjuju zapreminske hidraulične mašine kod kojih je radni proces zasnovan na naizmeničnom punjenju radnih komora tečnošću i njenom istiskivanju iz njih. Tečnost se pomera pri delovanju potiskivača (klipova, zupčanika, lamela i dr.).

Neravnomernost napajanja je razlog nastajanja prinudnih oscilacija sa frekvencijom $f=2z\omega$. Nelinearnosti koje su prisutne u svakom sistemu dovode do pojave vibracijskih komponenti čije su frekvencije deljive bez ostatka sa osnovnim klipnim harmonikom voda: $f=i-2z\omega$ (gde je i – red harmonika).

Na slici 5 prikazan je spektar vibroubrzanja tela aksijalno-klipne pumpe pri različitom tehničkom stanju delova klipnih parova sa modulacijom harmonika na frekvenciji 400 Hz kao signal koji ide od jednog klipnog para sa frekvencijom 53 Hz. Modulacija je bila posledica neispravnosti jednog klipnog para.



Slika 5. Spektar vibroubrzanja tela aksijalno-klipne pumpe (A – amplituda)
1 – klipni harmonik za ispravnu pumpu; 2 – modulacija komponenti u klipnoj grupi

4. OSNOVNI RAZLOZI NEISPRAVNOSTI AGREGATA I INSTALACIJE

Kao rezultat uticaja razmotrenih faktora u procesu eksploatacije menjaju se izlazni (funkcionalni) parametri agregata i instalacije u celini.

Hidraulične pumpe (hidropumpe). Osnovni sklop koji određuje radnu sposobnost pumpe je vibracioni sklop. Njegovo stanje može se oceniti značenjem zavora u cilindarsko-klipnoj grupi i u zglobnim spojevima koji se obrazuju kao rezultat habanja. Najintenzivnije habanje, posebno u parovima sa malim zavorima (u novim pumpama), dešava se u početnom periodu rada što se objašnjava postojanjem u ovom priodu u radnoj tečnosti različitih čvrstih primesa.

Osim snižavanja koeficijenta korisnog dejstva za pumpe karakteristični su gubitak hermetičnosti zaptivki, habanje žljebastih spojeva, povećanje zavora i razaranje ležišta, pregrevanje tela i razaranje konstrukcijskih elemenata zbog vibracija.

Razvodnički uređaji. Osnovni deo otkaza razvodničkih uređaja dešava se zbog gubitka hermetičnosti. Gubitak unutrašnje hermetičnosti povezan je sa habanjem, a spoljašnji – sa starenjem ili razaranjem gumenih zaptivki zbog temperaturnih deformacija i vibracija.

Bitan uticaj na radnu sposobnost razvodničkih uređaja ima zaprljanost radne tečnosti. Povećanje zaprljanosti tečnosti povećava naprezanje pomicanja regulacionih elemenata ili "zajedanje" razvodnika (razvodničkih parova). Dospevanje čestica zaprlja-

nosti u zatore razvodnika (razvodničkih parova) ili ispod sedišta ventila dovodi do naglog povećanja unutrašnjih oticanja.

Hidraulični motori (hidraulični cilindri).

Narušavanje radne sposobnosti hidrauličnih motora dešava se uglavnom zbog spoljašnje nehermetičnosti zaptivnih uređaja i povećanja zazora u osloncima, u kinematičkim parovima obrtne veze i u energetske mreži.

Zazori u osloncima i u kinematičkim parovima obrtne veze, unutrašnja nehermetičnost između šupljina hidrauličnog cilindra utiče na stabilnost rada instalacije, nesimetričnost brzinske karakteristike i na statičku i dinamičku krutost.

Cevovodi. Cevovodi se podvrgavaju različitim statičkim i dinamičkim opterećenjima, pulsacijama pritisaka, temperaturnim deformacijama i vibracijama. Sve to zajedno dovodi do razaranja usled zamora.

Uređaji za zaptivanje. U procesu eksploatacije dešava se relaksacija gumenih zaptivki – postepeno smanjenje naprezanja pri konstantnoj deformaciji, naglo pogoršanje elastičnih osobina, gubitak obnavljanja oblika i pogoršanje fizičko-hemijskih svojstava pod dejstvom temperature. Na radnu sposobnost zaptivki utiče sastav radne tečnosti. Zaptivka "bubri" zbog njenog natapanja tečnošću ili usled hemijskog uzajamnog uticaja, a takođe se dešava njeno skupljanje zbog ispiranja plastifikatora.

5. ZAKLJUČAK

Projektovanje, proizvodnja i eksploatacija instalacija ostvaruje se u skladu sa normativno-tehničkom dokumentacijom; vrši se kontrola podudaranja njihovih karakteristika sa zadatim zahtevima. Bez obzira na to, u procesu eksploatacije zapažaju se otkazi elemenata i hidrauličnih instalacija u celini. Otkazi se klasifikuju prema različitim osobinama. Konstrukcijski otkazi obično se više puta ispoljavaju u procesu eksploatacije tj. postaju sistematični pošto se greške u konstruisanju proširuju na sve izrađene instalacije. Razlozi takvih otkaza mogu biti sa određenom tačnošću utvrđeni i otklonjeni. Proizvodni otkazi takođe mogu dobijati sistematski karakter ako su narušavanja tehnološkog procesa nastala pri izradi ili remontu instalacija velikih partija. Eksploatacijski otkazi su posledica narušavanja utvrđenih pravila i uslova eksploatacije, a takođe prirodnog habanja povezanih delova, promena osobina radne tečnosti, grešaka operatora i dr.

Prema fizičkoj prirodi svi faktori koji imaju uticaj na pouzdanost instalacije u procesu eksploatacije mogu se podeliti na tri grupe: klimatski, hidraulični i mehanički.

Klimatski faktori - temperatura životne sredine je jedan od najaktivnijih faktora. Hidraulična instalacija opšte namene može se eksploatisati u mašinama koje rade u različitim klimatskim uslovima; hidraulični faktori - nosilac energije u instalaciji je tečnost, zato svaki uticaj, koji dovodi do promene njenih karakteristika može da bude razlog otkaza; mehanički faktor - usled jakog uzajamnog dejstva instalacije, pojavljuju se udari, opterećenja i vibracija. Kao rezultat uticaja razmotrenih faktora u procesu eksploatacije menjaju se izlazni (funkcionalni) parametri agregata i hidraulične instalacije u celini.

6. LITERATURA

1. Adamović, Ž., Petrović, Lj., Desnica, E., *Dijagnostika hidrauličnih i pneumatskih sistema*, Društvo za tehničku dijagnostiku - TEHDIS, Beograd, 2004.
2. Adamović, Ž., *Osnovi hidraulike i održavanja uljno hidrauličnih sistema*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1997.
3. Adamović, Ž., *Hidraulika i pneumatika*, Tehnički fakultet »Mihajlo Pupin«, Zrenjanin, 2001.
4. Adamović, Ž. Jevtić, N., *Pouzdanost i dijagnostika hidrauličnih sistema*, Časopis "OMO", Beograd, 2002.

Adrese autora:

1. Prof. dr Živoslav Adamović, dipl. maš. ing., Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin" u Zrenjaninu, Đure Đaković bb, 23000 Zrenjanin, tel: 023/550-521, e-mail: zivadamovic@ptt.yu
2. Eleonora Desnica, dipl. ing., Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, tel: 023/550-521, e-mail: desnica@tf.zr.ac.yu
3. Mr Ljiljana Radovanović, dipl. ing., Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, tel: 023/550-521, e-mail: ljiljap@tf.zr.ac.yu