UDK 621.22.011.004.15 ORIGINALNI NAUČNI RAD

MODELI DIJAGNOSTIKE HIDRAULIČKIH SISTEMA

THE MODELS OF DIAGNOSTIC OF HYDRAULIC SYSTEMS

prof. dr Živoslav Adamović* Mr Slavko Cvetković ** dipl. ing Ljiljana Petroivić***

Rezime:
U radu se definišu osnovni modeli tehničke dijagnostike hidrauličkih sistema i to: analitički model, strukturno funkcionalni model
i vibroakustički model.

Abstract:
In the paper are defined basic models of thecnic diagnostic of hydraulic systems: analytic model, structure function model and vibration model.

1.0 UVOD

U zavisnosti od načina dobijanja informacije o tehničkom stanju hidrauličke instalacije razlikujemo se testnu, funkcionalnu i vibroakustičnu dijagnozu.

Pri testiranom dijagnostikovanju na ulaz hidraulične instalacije dovode se specijalni (test) signali i prema reakciji instalacije na njih ocenjuje se tehničko stanje.

Pri funkcionalnom dijagnostikovanju uticaji koji uspevaju na ulaz hidraulične instalacije zadati su algoritmom funkcionisanja same instalacije, a tehničko stanje određuje se funkcionalnim parametrima (pritiskom, protokom, koeficijentom korisnog dejstva, frekvencijom obrtanja i dr.).

Vibroakustično dijagnostikovanje sastoji se u određivanju tehničkog stanja prema pratećim osobinama neispravnosti: vibraciji mehaničkih elemenata, akustičkom šumu, spektru oscilacija parametara i dr.

Testirano i vibroakustično dijagnostikovanje uglavnom se primenjuju za analizu tehničkog stanja agregata instalacije: hidrauličkih pumpi, hidrauličkih motora, hidrauličkih razvodnika, a funkcionalno za određivanje tehničkog stanja instalacije kao sistema i

Za utvrđivanje osobina tehničkog stanja koristi se dijagnostički model analitičko opisivanje ili grafoanalitičko predstavljanje osobina objekta dijagnostikovanja koje omogućava da se njegovo stanje odnosi na tu ili drugu klasu tehničkog stanja.

U zavisnosti od cilja i vrste dijagnoze primenjuju se različiti dijagnostički modeli od kojih su osnovni analitički, strukturno-funkcionalni i spektralni (vibracioni).

2.0 MODELI DIJAGNOSTIKE

2.1 ANALITIČKI MODEL

Hidraulička instalacija uglavnom se može razmatrati kao pretvarač samo fizičkih veličina z_j, koje se uvode u sistem namerno i koje su ulazne, u izlazne veličine y_i. Takvo pretvaranje zapisuje se u obliku

$$Y = AZ$$

gde su Z i Y vektori ulaznih i izlaznih promenljivih; A operator pretvaranja vektora.

U svojstvu dijagnostičkog modela može se razmatrati operator A, a uslov radno sposobnog stanja biće podudaranje ovog operatora sa zadatim A_0, koji karakteriše ispravno stanje instalacije.

Hidraulična instalacija je suštinski nelinearan sistem zbog postojanja elemenata sa trenjem, zasićenošću otporom, multiplikoanim vezama i dr.

Zbog toga uglavnom njegov dijagnostički model predstavlja sistem diferencijalnih jednačina koji opisuju funkcionisanje agregata u koordinatama vremena parametre, koje karakterišu radni proces i početne neispravnosti.
Za dijagnostikovanje stanja instalacije neophodno je znati karakter promene izlaznih parametara y_i pri različitim karakteristikama z_j početnih neispravnosti i izabrati od njih determinante.

*prof. dr Živoslav Aamović, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin
**Mr Slavko Cvetković, SARTID, Smederevo,
***dipl. ing Ljiljana Petrović, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin

Reakciju instalacije, tj. promenu njenih parametara pri različitim situacijama, možemo odrediti rešenjem diferencijalnih jednačina koje opisuju funkcionisanje instalacije pri postojanju početnih neispravnosti.

U realnim uslovima instalacija nije determinisani sistem pošto početne neispravnosti koje dovode do havariskih stanja mogu biti zavisne i slučajne.

U pokazanoj postavci zadatak izbora osobina rešava se na sledeći način. Sastavlja se matematički model funkcionisanja instalacije u vidu sistema determinisanih jednačina koje opisuju procese u elementima i njihove uzajamne veze, a takođe i zavisnosti parametara instalacije od početnih neispravnosti. U opštem obliku sistem jednačina koji predstavlja matematički model instalacije ima oblik

$$\sum^{n} Y_{ii}\left(t, \tau, \frac{d}{dt}, A\right) = F_i(t, \tau, Z, x),$$

gde je Y(.) vektor funkcija vremena koji karakteriše instalacije (u skalarnom obliku polinom u odnosu na operatore diferenciranja vektora prema koeficijentima parametara);
Z-vektor funkcija vremena koji karakteriše spoljašnje i unutrašnje uticaje i početne neispravnosti; F(.)- vektor nelinearne funkcije koji povezuje parametre instalacije sa početnim neispravnostima; t moment vremena za koga se određuje stanje instalacije;
τ–tekući moment vremena.

Postavivši tipske funkcije z_D početnih neispravnosti i rešavajući sistem jednačina određuje se realizacija parametara y_i (t), koji odgovaraju svakom havariskom stanju.

Neka je u procesu modeliranja dobijena analitička ili grafička veza parametra sa karakteristikama početne neispravnosti
$y_i = f(z_i)$. -Koeficijent osetljivosti određuje se

$$c_j = \frac{\partial y_i}{\partial z_i}\frac{z_j}{y_i}.$$

Očigledno je, da što je veće c_j, to je pri manjim značenjima z_j veći gradijent parametara.

Parametri pri kojima je $c_j = 0$, ne sadrže informacije o stanju instalacije i nije svrsishodno da se odabiraju kao osobine.

Za modeliranje stanja instalacije neophodno je imati opisivanje havariskih stanja koje uključuje jednačine radno sposobnog stanja i jednačine početnih neispravnosti koje dovode do gubitka radno sposobnog stanja. Početnih neispravnosti može biti beskonačno mnogo. Za izbor dijagnostičkih osobina sve moguæe neispravnosti objedinjuju se u sledeæe grupe:

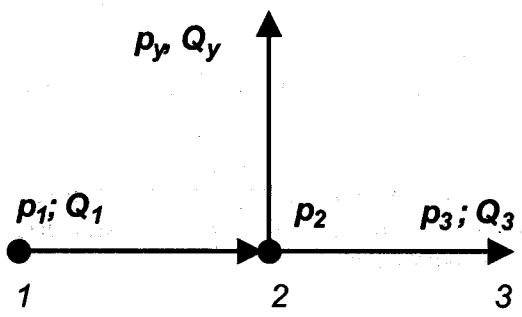
1) Nehermetičnost različitih delova, koja dovodi do oticanja radne tečnosti.

Oticanje se približno može uzeti u obzir relacijom $Q_i = Q_{i0} + Q_{iy}$,
gde je Q_i raspoloživi utrošak, tj. utrošak do mesta oticanja; Q_{i0} potreban utrošak; Q_{iy} oticanje. Oticanje se određuje prema jednačini lokalnog otpora:

$$Q_{iy} = \mu F_{Dr}\sqrt{\frac{2(p_j - p_i)}{\rho}}\, sign(p_j - p_i),$$

gde je F_{Dr} otpor na nehermetičnom delu; p_j pritisak pred ovim delom;
p_i pritisak sredine u kojoj se dešava oticanje.

Za analizu uticaja oticanja na karakteristike sistema, npr. na karakteristike magistrale i utvrđivanja dozvoljenih granica promene utroška oticanja određuju se prema sledeæoj šemi (sl. 1). Rad magistrale opisuje se pomoæu tri jednačine: bilansa utroška $Q_2 = Q_1\ Q_y$; kretanje tečnosti u magistrali kretanje toka oticanja



Sl. 1. Šema magistrale sa oticanjem tečnosti

2) Delimično prekrivanje (zapušenje) delova sistema dešava se zbog zaprljanja radne tečnosti ili lošeg kvaliteta njenog prečišćavanja i drugih uzroka. Ono se modelira sistemom jednačina koje opisuju promenu parametara koji određuju hidrauličnе gubitke F, , d.

3) Lomovi ili promene karakteristika elastičnih elemenata (opruga, membrana) modeliraju se sistemom jednačina koje opisuju promenu koeficijenata čvrstoće u odgovarajućim jednačinama.

4) Brušenje (glačanje) i vezivanje (spajanje) pokretnih elemenata instalacija modeliraju se sistemom jednačina koje opisuju promenu sila trenja i momenata.

Analitičko opisivanje početnih neispravnosti je veoma složen zadatak i zahteva postavljanje specijalnih eksperimentalnih istraživanja. U suštini, opisivanje čak same rasprostranjenosti tipične neispravnosti nehermetičnosti sa dozvoljenim stepenom preciznosti ne predstavlja se mogućim. Utrošak kroz zazor koji se stvorio zavisi pri zadatoj razlici pritiska od njegovih geometrijskih dimenzija. Sa svoje strane, geometrijske dimenzije i koeficijent otpora zavise od utroška i razlike pritiska.

Donositi sud o stanju instalacije može se prema karakteristikama prelaznih procesa koji su dobijeni kao rezultat modeliranja havarijskih stanja. Polazni podaci za modeliranje su principijalna šema instalacije, nominalne karakteristike, početne neispravnosti i njihovo opisivanje.

Principijalna šema instalacije razlaže se na tipske elemente i sklopove za koje se zapisuje sistem jednačina. Struktura sistema jednačina u opštem obliku je sledeća:

$$\dot{y}_1 = F_1(n, y_i, y_k, z);$$
$$\cdots\cdots\cdots$$
$$\dot{y}_n = F_n(n, y_i, y_k, z),$$

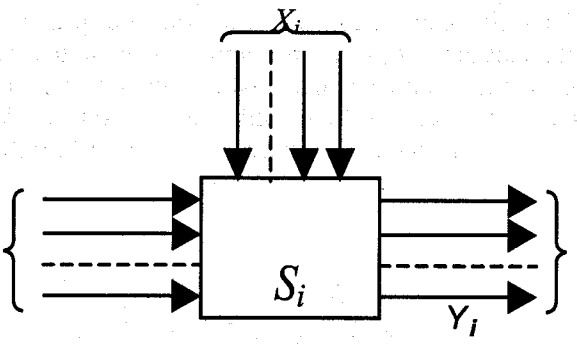
gde su y_i, y_k parametri (pritisak, utrošak, pomeranje i dr.) sklopova; n dimenzija sistema; z karakteristika početne neispravnosti.

Kao rezultat analitičkog modeliranja za svaku neispravnost dobijaju se prelazne karakteristike, tj. promene parametara u vremenu pri skokovitoj promeni karakteristika početne neispravnosti.

2.2 STRUKTURNO-FUNKCIONALNI MODEL

Principijalna šema instalacije sa očuvanjem fizičke uzajamne zavisnosti radnih procesa u agregatima može se predstaviti u vidu strukturne šeme koja se sastoji od posebnih blokova

S_i (pumpa, motor, regulator, filter itd.).
Izlazak svakog bloka (sl. 2)
je vektor $Z_i (z_{i1}, z_{i2}, ..., z_{ij})$.



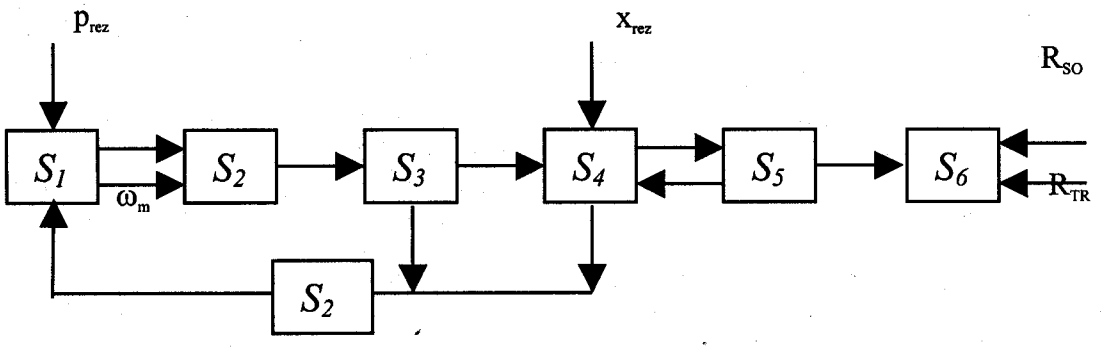
Sl. 2. Funkcionalni element instalacije

Parametri z_{ij} karakterišu stanje hidroagregata ili stanje radne tečnosti na njegovom izlasku, tj. z_{ij} to je pritisak, utrošak, temperatura, položaj izlazne karike (sastavnog dela), pomeranje i brzina, momenti itd.

Ulazi svakog bloka S_i su vektori X_i i Y_i. Vektor X_i (x_{ij}) upravljačke (regulacione) uticaje, a vektor Y_i (y_{ij}) karakteriše stanje toka tečnosti na ulazu (za pumpe y_{ij} to su parametri mehaničkog ili električnog izvora energije: snaga, frekvencija obrtanja i dr.).

Prelazak od strukturne šeme hidraulične instalacije prema funkcionalnoj ostvaruje se putem razlaganja (deljenja) ulaska i izlaska blokova na komponente x_{ij}, y_{ij}, samih blokova S_i na S_{ij} u skladu sa promenljivim ulaskom i izlaskom i njihovo spajanje u funkcionalne nizove (lance) prema parametrima razlaganja (delenja), u kojima izlazni parametar y_{ij} bloka S_{ij} postaje ulazni parametar $x_{(i+1)\,j}$ bloka $S_{(i+1)\,j}$. Kao rezultat takve izgradnje dobija se strukturno-funkcionalni model koji prikazuje prolazak toka energije i informacije u instalaciji.

Razmotrićemo izgradnju strukturno-funkcionalnog modela hidrosistema koji je prikazan na sl. 3.



Sl. 3. Strukturna šema instalacije:
S_1 hidrorezervoar; S_2 pumpa; S_3, S_7 filteri; S_4 razvodnik; S_5 hidromotor (hidraulični motor); S_6 objekat (organ upravljanja)

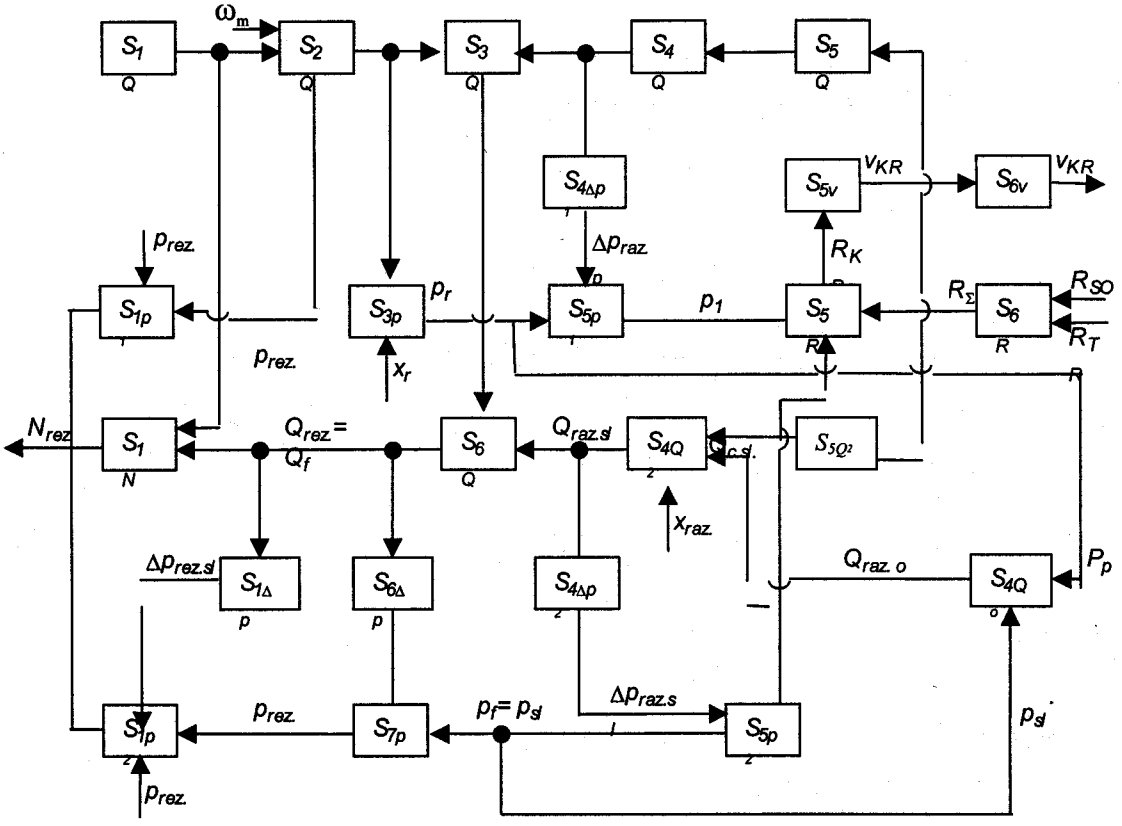
Razlaganje (deljenje) vektora izlaznih parametara blokova vršimo prema utrošku, pritisku i razlikama pritiska. U broj razlaganja (deljenja) mogu ulaziti i drugi parametri koji karakterišu stanje toka tečnosti na izlasku bloka. Za hidrorezervoar
S_1 razlagani (deljeni) parametar je nivo ulja u rezervoaru $N_{rez.}$, za pumpu
S_2 pulsacija pritiska dp_p, za hidrorazvodnik
S_4 nivo unutrašnjih oticanja Q_{ot}, za hidromotor (hidraulični motor)
S_5 pritisci p_1 i p_2 i utrošci Q u odgovarajućim šupljinama hidrocilindra, međušupljinska prelivanja tečnosti $Q_{o.c.}$, naprezanje na izlaznoj kretači R_{KR} i brzina njegovog pomeranja v_{KR}.

Izlazni parametar sistema je brzina pomeranja radnog organa S_6 v (t).

Spoljašnji uticaji biće opterećenje R_{SO} i sila trenja R_{TR}, ugaona brzina vratila pogonskog motora $_m$ pomeranje razvodnika $x_{raz.}$.

Spojivši razlagane (deljene) izlaske blokova S_{ij} sa ulazima sledećih blokova $S_{(i+1)\ j}$, dobićemo strukturno-funkcionalnu šemu sistema (sl. 4).

Pri promeni stanja instalacije dešava se preuređenje unutrašnjih veza između blokova S_{ij}.



Sl. 4. Strukturno-funkcionalna šema instalacije

Za nalaženje osobina tehničkog stanja neophodno je razmotriti različite neispravnosti koje menjaju razlagani (deljeni) parametri, i prema strukturno-funkcionalnoj šemi utvrditi uticaj ovih neispravnosti na izlazne parametre sistema.

Kao rezultat sastavljamo tabelu stanja sistema (tabela T-1). U tabeli znak »+« označava da neispravnost agregata (bloka) može da bude razlog prelaska iz sistema ispravnog stanja u jedno od neispravnih stanja e_i, a znak »-« pokazuje da tehničko stanje bloka nije povezano sa vrstom tehničkog stanja sistema.

Izabrati i obrazložiti (dokazati) strukturu dijagnostičkih osobina moguće je pomoću izgradnje i analize tabela funkcije neispravnosti (tabela T-2), u kojima su po vertikali razmešteni izlazni parametri blokova strukturno-funkcionalne šeme sistema, a po horizontali vrste tehničkog stanja prema tabeli T-1.

Tabela T-1. Stanja blokova funkcionalne šeme

Vrsta tehničkog stanja	Oznake	Agregati (blokovi funkcionalne šeme)						
		S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
Pritisak u potisnoj magistrali veći od dozvoljenog	e_1	-	+	-	-	-	-	-
Pritisak u potisnoj magistrali manji od dozvoljenog	e_2	-	+	-	-	-	-	-
Pritisak u izlivnoj magistrali veći od dozvoljenog	e_3	-	-	-	-	-	+	-
Napajanje pumpe manje od dozvoljenog	e_4	-	+	-	-	-	-	-
Spoljašnja nehermetičnost premašuje dozvoljenu	e_5	+	+	+	+	+	+	-
Unutrašnja nehermetičnost premašuje dozvoljenu	e_6	-	+	-	+	+	-	-
Pulsacija pritiska van pumpe	e_7	+	+	-	-	-	-	-
Nivo ulja u rezervoaru manji od dozvoljenog	e_8	+	-	-	-	-	-	-
Sila trenja u izlaznoj kariki (spojenom delu) veća od dozvoljene	e_9	-	-	-	-	+	+	-
Gubitak pritiska u hidroagregatima premašuje dozvoljeni	e_{10}	-	-	+	-	-	+	-

Tabela T-2. Tabela funkcije neispravnosti

Parametar	S_1			S_2						S_3		S_4		S_5			S_6			S_7
	e_5	e_7	e_8	e_1	e_2	e_4	e_5	e_6	e_7	e_5	e_{10}	e_5	e_6	e_5	e_6	e_9	e_3	e_5	e_{10}	e_7
Utrošak iz rezervoara $Q_{rez.}$	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Napajanja pumpe Q_p	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Utrošak kroz filter Q_f	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Utošak hidrocilindra Q_c	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Oticanje u cilindru $Q_{o.c.}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Pritisak van pumpe p_p	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Pritisak na izlasku iz filtera p_f	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
Pritisak ispred hidrocilindra p_c	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Razlika pritiska:																				
u pumpi Δp_p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
u hidrocilindru Δp_c	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Nivo tečnosti u rezervoaru $N_{rez.}$	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
Brzina kretače hidroc. v_{KR}	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0

Znak 0 u tabeli odgovara događaju pri kome brojčano značenje izlaznog parametra bloka S_{ij} izlazi van zadatih granica pri prelasku sistema u e_i-e stanje usled neispravnosti u S_j bloku, a znak 1 tome, da se parametri nalaze u zadatim granicama.

Razmotrićemo popunjavanje tabele T-2 za slučaj padanja pritiska u potisnoj liniji usled neispravnosti pumpe S_2 (tehničko stanje e_2). Ova neispravnost dovodi do smanjivanja napajanja pumpe Q_p, koja će postati nedovoljna za kompenzaciju utroška tečnosti u sistemu koji je neophodan za pomeranje kretače hidrocilindra S_5 i oticanja u hidrorazvodniku S_4.

U skladu sa ovim u tabeli funkcija neispravnosti značenja 0 imaće oni parametri kao što su pritisci van pumpe p_p i ispred hidrocilindra p_c, što će dovesti do smanjivanja utroška i pritiska u potisnim linijama i na kraju do smanjivanja brzine v_{KR} pomeranja kretače hidrocilindra.

Analiza tabele funkcija neispravnosti omogućava da se prethodno odredi celokupnost parametara (osobina) koji određuju tehničko stanje instalacije. Minimalna celokupnost osobina treba da bude takva da bi pri pojavljivanju bilo koje neispravnosti u odgovarajućem redu nasuprot makar jedne osobine stajao znak 0.

Takvih minimalnih celokupnosti može biti nekoliko, prednost imaju oni parametri čija kontrola u procesu eksploatacije može biti ostvarena sa minimalnim utroščima i za koje postoje sredstva kontrole.

Za razmotreni primer postoji sledeća celokupnost parametara pomoću koje može da se kontroliše tehničko stanje instalacije: pritisak pumpe p_p, napajanje pumpe Q_p, oticanja Q_o.

2.3 SPEKTRALNI MODEL

Vibracija i buka (šum) stvaraju se u elementima agregata instalacije, zato oni nose korisnu informaciju o njenom tehničkom stanju. Vibracija i buka (šum) predstavljaju nepravilne harmonijske oscilacije sa određenom periodičnošću. Vibrosignal u vidu nepravilnih oscilacija nemoguće je iskoristiti za ocenu tehničkog stanja, on se treba na odgovarajući način obraditi i izdvojiti iz njega koristan signal. Izdvajanje korisnog signala iz nepravilnih oscilacija obavlja se pomoću filtera sa nekim opsegom propuštanja frekvencija.

Vibracija predstavlja spektar oscilacija sa različitim frekvencijama i amplitudama. U tom slučaju osobina stanja može biti raspodela energije oscilacija prema frekvencijama. Energetski oblik slučajnog oscilatornog signala opisuje se Furijeovim integralom

$$F(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} y(t) e^{-j\omega t}\, dt,$$

gde je y(t) slučajni oscilatorni signal u funkciji vremena;
F(j) prikazivanje vremenskog slučajnog signala na kompleksnoj površini (ravni),
ω- frekvencija oscilacije.

Kompleksni oblik prethodnog možemo svesti na jednačinu koja povezuje module prikazivanja i orginala signala:

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |F(j\omega)|^2\, d\omega = \int_{-\infty}^{\infty} |y(t)|^2\, dt.$$

Desni deo poslednje jednačine predstavlja veličinu koja je proporcionalna energiji razmotrenog procesa. Ipak ova jednačina nije pogodna zbog toga, što za veæinu slučajnih procesa energija van beskonačnog intervala vremena teži ka beskonačnosti.

Zato je pogodnije da se pređe sa energije na srednju snagu, koja se dobija deljenjem emergije na interval vremena posmatranja T; tada je

$$\lim_{T\to\infty} \frac{1}{T} \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} |F(j\omega)|\, d\omega = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T} \int_0^{\infty} |y(t)|^2\, dt,$$

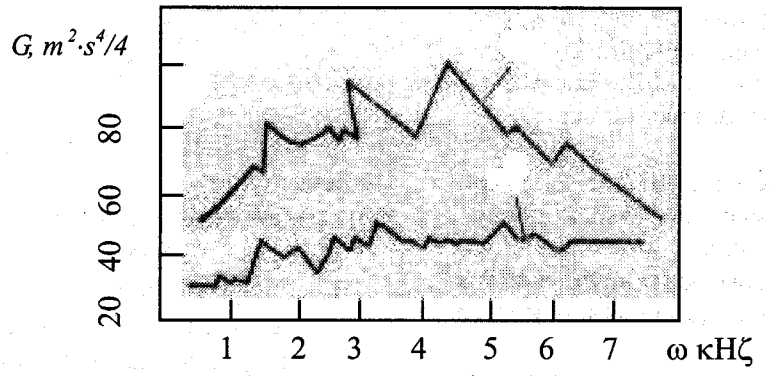
gde je $$\lim_{T\to\infty} \frac{1}{\pi} \frac{1}{T} \int_0^{\infty} |F(j\omega)|\, d\omega = S(\omega)$$

spektralna gustina slučajnog signala (srednja snaga slučajnog procesa y(t) u intervalu frekvencija ω).

Može se izabrati takozvani energetski spektar, koji se određuje zavisnošću

$$G = \frac{|F(j\omega)|^2}{2\pi}.$$

Na sl. 5. prikazana je zavisnost energetskog spektra od frekvencije oscilacija za aksijalno-klipnu pumpu.



Sl. 5. Energetski spektar pumpe sa ispravnim (1) i neispravnim (2) aksijalnim ležištem

Svaka od razmotrenih osobina ima svoje osobenosti koje određuju oblast njihove primene.

Amplituda vibracija karakteriše deformaciju konstrukcije i može biti preporučena za dijagnostiku neispravnosti koje dovode do promene linearnih i ugaonih veličina (dimenzija) (zazori, savijanja talasa itd.).
Vibrobrzina omogućava da se oceni naprezanje konstrukcije pri vibraciji koja određuje proces nagomilavanja oštećenja i dugovečnost agregata instalacije.

Vibroubrzanje - je parametar, najosetljiviji na promene u konstrukciji koje su izazvane vibracijom i može se primenjivati za dijagnostiku tehničkog stanja hidromašina.

Energetski spektar je uopšteni pokazatelj vibracije, njega treba koristiti za dijagnostiku sistema u kome nastaju vibracije sa različitim frekvencijama i amplitudom.

Izbor akustičnih pojava u svojstvu izvora informacije o stanju sistema uslovljen je nizom uzroka. Kao prvo, one su odraz najbitnijih fizičkih procesa koji se dešavaju unutar sistema pri njegovom funkcionisanju, takvih kao što su deformacije i naprezanje u delovima, oscilovanje sredine i radnih tela. Kao drugo, buka (šum) kao nosilac informacije poseduje veliki kapacitet (zapreminu).

Kao treće, registrovanje buke (šuma) omogućava da se vrše brza merenja u prirodnim uslovima rada sistema.

Stvaranje buke - je složena fizička pojava koja se sastoji od makroskopskih i mikroskopskih procesa. Makroskopski proces karakteriše se značajnim impulsima koji nastaju pri uzajamnom delovanju delova mehanizama (pri udarima ventila pri spuštanju, klipova cilindara i dr.), a takođe zbog postojanja zazora u spojevima povezanih parova.

Pojava mikroskopskih impulsa povezana je sa direktnom prirodom sila trenja i isticanja tečnosti. Sve to pobuđuje elastične oscilacije delova koje se opažaju kao buka. Izvor buke su unutrašnja oticanja, kada se dešava turbulencija toka tečnosti na izlasku iz zazora.

Energetska karakteristika buke je intenzitet ili jačina zvuka koja se određuje količinom energije koja se prenosi zvučnim talasom za 1 s kroz površinu od 1 m^2.

$$J = \frac{p^2}{2\rho c} = Ap^2 = Bv^2,$$

gde su A i B konstantni koeficijenti;
p- pritisak sredine;
v- brzina prenošenja čestica sredine;
ρ- gustina sredine;
c- brzina zvuka u sredini

U svojstvu dijagnostičkog signala uzima se srednji intenzitet zvuka

$$J_{sr} = \frac{A}{T}\int_0^T p^2\,dt = \frac{B}{T}\int_0^T v^2\,dt.$$

Veličina J_{sr} meri se ultrazvučnom sondom (listiæem za kontrolu zazora) i pretvara se u električni signal.

Upoređivanje informacijskih svojstava buke i vibracije agregata hidraulične instalacije pokazuje, da se statistička frekventna svojstva akustičnih i vibracionih signala, po pravilu, podudaraju. Izvor pojavljivanja akustičnih i vibracionih signala pri radu hidroagregata u mnogim slučajevima su jedni te isti fizički procesi.

Usled toga za dijagnostikovanje hidrauličnih instalacija i posebnih agregata najčešæe se koriste vibroakustičke osobine, tj. uopštene karakteristike vibracionih i akustičnih (sa bukom) signala.

Uopštena karakteristika vibroakustičnih pojava kao slučajnih spektara oscilovanja sa različitim frekvencijama i amplitudom je korelaciona funkcija, koja određuje uzajamnu vezu oscilovanja u različitim momentima vremena:

$$R_y(\tau) = \lim_{T\to\infty}\int_0^T y(t)y(t+\tau)d\tau,$$

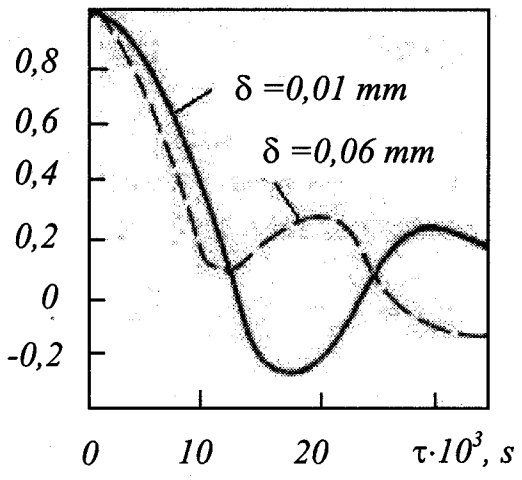
gde je:
T period procesa koji se razmatra;
τ–vremensko pomeranje.

Amplituda korelacione funkcije pri τ = T proporcionalna odnosu snage periodične komponente prema zajedničkoj snazi signala karakteriše intenzitet impulsa (udara) u hidročvoru.

U svojstvu dijagnostičke osobine koja određuje tehničko stanje može se iskoristiti funkcija

$$R_y = \frac{\sum R(kT)}{N},$$

gde je R_y značenje korelacione funkcije pri τ = 0; R (kT) srednje značenje te iste funkcije pri τ =kT (k = 1, 2, 3, ..., n) N broj usrednjenih (maksimalnih) značenja korelacione funkcije.



Sl. 6. Korelaciona funkcija napajanja klipne pumpe

Na sl. 6. prikazana je korelaciona funkcija napajanja klipne pumpe pri različitim zazorima u ležajevima

ZAKLJUČAK

Modeliranje dijagnostike je najsavremenija metoda u oblasti istraživanja sistema dijagnostike i održavanja i kao takva pruža moguænost za razvoj savremenih modela dijagnostike hidrauličkih komponenti i sistema.

Razvijeni modeli dijagnostike u ovom radu testirani su u Koncernu SARTID i pri tome pokazali izvanredne rezultate.

LITERATURA:

1. Adamović, Ž., Stojanović, B., Pouzdanost i dijagnostika hidrauličkih sistema, OMO, Beograd, 2002
2. Adamović, Ž.,Tehnička dijagnostika, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1998.
3. Adamović, Ž., Hidraulika i pneumatika, Sartid, Smederevo, 2001
4. Adamović, Ž., Osnovi hidraulike i održavanja uljnohidrauličkih sistema, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1997.
5. Siricin, T., Nadežnost, Mašinostroenie, Moskva, 1980.