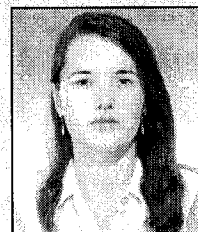


INFORMATIVNOST OSOBINA I KLASIFIKACIJA STANJA HIDRAULIČKOG SISTEMA¹

INFORMATIVE CHARACTERISTICS AND CLASSIFICATION OF HYDRAULICAL SYSTEM STATE

Prof. dr Živoslav Adamović, dipl. ing. maš
Eleonora Desnica, dipl.ing. maš
Mr Ljiljana Petrović, dipl.inž za razvoj

Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin



REZIME

Svako stanje hidrauličke instalacije karakteriše se celokupnošću izlaznih parametara stanja (osobina). Proces određivanja realnog stanja instalacije jeste raspoznavanje stanja ili dijagnostikovanje. Procedura dijagnostikovanja deli se na tri etape: opisivanje objekta, izdvajanje parametara (osobina) i donošenje odluke (dijagnoze). Izabrane osobine (parametri) treba da obrazuju puni sistem za obezbeđivanje tačne dijagnoze. Najpogodnije su one osobine koje omogućavaju da se otkriju neispravnosti na, što je moguće ranijim stadijumima njihovog razvoja.

U radu je takođe prikazana primena Bajesove metode i metode statističkih odluka u dijagnostici na konkretnom primeru.

Ključne reči: *osobine, stanje, dijagnoza, hidraulički sistem*

1. UVOD

Funkcionisanje i procesi u hidrauličnim instalacijama karakterišu se uzajamnim vezama unutrašnjih i spoljašnjih parametara. Pri havarijskom stanju ovi parametri menjaju se prema zakonima koji zavise od mesta i tipa početnih neispravnosti. Svaka konkretna neispravnost hidrauličke instalacije karakteriše se sa jednom ili nekoliko spoljašnjih osobina. U jednom slučaju spoljašnja osobina (izlazni parametar) ukazuje neposredno na postojanje konkretne neispravnosti, u drugom slučaju karakteriše neispravnost samo indirektno.

Broj mogućih neispravnosti u hidrauličkim instalacijama, a shodno tome i spoljašnjih osobina njihovog ispoljavanja je veliki. Očigledno je da je praktično nemoguće da se ostvari sistem dijagnostike koji bi odredio stanje instalacije prema svim spoljašnjim osobinama.

ABSTRACT

Every state of hydraulic installation characterize with totality of outgoing parameters (characteristics). Process of determine real state of installation is recognize state or diagnostic. Procedure of diagnostic is separated on three phase: describe of object, separate of parameters (characteristics) and decision making (diagnosis). Chosen characteristics (parameters) must be form full system for guarantee correctly diagnosis. The most convenient characteristics enable to uncover incorectnes, and this is possible in early phases theirs develop.

Also, this paper shows application of Bajes method and method of statistical decision in diagnostic on concrete example.

Key words: *characteristics, state, diagnosis, hydraulic system*

2. INFORMATIVNOST OSOBINA TEHNIČKOG STANJA

Pri izboru osobina tehničkog stanja treba uzimati u obzir zahteve efikasnosti dijagnostičke kontrole. Pre svega osobine treba da budu jednoznačno povezane sa stanjem instalacije. Može se pretpostaviti da pri svakoj promeni stanja mogu se naći osobine (parametri) koje su jednoznačno povezane sa njim. Ipak pri tome treba uzimati u obzir da je promena osobina posledica promene ne samo tehničkog stanja, već i uslova dijagnostikovanja.

Postoji mnogo razloga koji menjaju značenje osobine (parametara) pri nepromenljivom stanju instalacije. Izvori takve neinvarijantnosti mogu se podeliti na tri vrste. Na izvore prve vrste odnosi se objekat dijagnostikovanja. Kao rezultat uticaja unutrašnjih i spoljašnjih slučajnih faktora karakteristike instalacije poseduju statističku prome-

nljivost. To dovodi do nemoći reprodukcije značenja osobina pri ponovnim ispitivanjima i dijagnostikovanju.

Izvori druge vrste su aparturne (instrumentalne) smetnje, greške merenja i neispravnosti aparature dijagnostikovanja. Izvor treće vrste je fizička priroda osobina.

Izabrane osobine (parametri) treba da obrazuju puni sistem za obezbeđivanje tačne dijagnoze. Najpogodnije su one osobine koje omogućavaju da se otkriju neispravnosti na, što je moguće ranijim stadijumima njihovog razvoja. Posebnu pažnju zaslužuju karakteristike uzajamnih statističkih veza osobina. Uzajamne veze između različitih procesa omogućavaju da se utvrdi stepen zavisnosti jednog procesa od drugog, da se utvrde značenja jednih osobina prema značenjima drugih. Uzajamno povezane osobine nazivaju se strukturne.

1.1. Statistički metod izbora osobina

Neka su kao rezultat obrade havarijskih stanja hidrauličkih instalacija poznati zakoni promene parametara i njihove statističke karakteristike. Najopštiji prilaz izboru osobina stanja sastoji se u analizi gubitaka informacije koje su povezane sa nepotpunošću kontrole parametara. Nomenklatura kontrolnih parametara (osobina) sastavlja se na taj način da gubici informacije posle kontrole ne prevazilaze dati nivo. Ako je vrednost gubitaka prema svakom parametru jednaka, onda se može odrediti minimalni skup osobina koje obezbeđuju zadatu verovatnoću nominalnog funkcionisanja instalacije.

Neka se normalno funkcionisanje instalacije karakteriše parametrima y_1, y_2, \dots, y_n . Događaj koji se sastoji u nominalnom funkcionisanju instalacije prema parametru y_i označićemo preko N_i . Onda se verovatnoća normalnog funkcionisanja instalacije prema svim parametrima određuje prema teoremi:

$$P = P(N_1)P(N_2/N_1)P(N_3/(N_2N_1))\dots \\ \dots P(N_n/N_{n-1} \dots N_1) = \prod_1^n P[i/(i-1)],$$

gde je $P[i/(i-1)]$ – uslovna verovatnoća bezotkaznog rada prema parametru y_i uz uslov da je instalacija sposobna za rad prema svim parametrima od 1 do $i-1$.

Da bi se smanjio broj osobina svrsishodno je da se izabere za kontrolu kao prvi onaj parametar, prema kome je verovatnoća normalnog funkcionisanja najmanja. Određuje se verovatnoća normalnog funkcionisanja prema svakom parametru nezavisno od drugih i bira se najmanje pouzdani.

Izračunavanja se vrše do tada, dok se ne ispuni uslov

$$P \leq \prod_i^n P[i/(i-1)] \prod_j^m P[j/(j-1)],$$

gde je n – broj kontrolisanih parametara; $P[j/(j-1)]$ – uslovna verovatnoća normalnog rada prema nekontrolisanom parametru za vremenski interval t ; m – broj nekontrolisanih parametara. Dati metod izbora osobina nije racionalan kada parametri imaju različite statističke karakteristike m_i i σ_i . U takvim slučajevima u svojstvu osobina biraju se one koje imaju minimalnu disperziju.

1.2. Informacioni metod izbora osobina

Kontrola stanja hidrauličke instalacije može se posmatrati kao obavljanje eksperimenata prema zadatom algoritmu, usled čega se neodređenost u znanjima o realnom stanju instalacije zamenjuje informacijom.

Stepen neodređenosti stanja instalacije može se karakterisati entropijom koja se široko primenjuje u teoriji informacije.

Ako sistem ima n slučajnih stanja D_1, D_2, \dots, D_n sa verovatnoćom svakog stanja $P(D_1), P(D_2), \dots, P(D_n)$ i ako su stanja nekompatibilna, tj. $\sum_1^n P(D_i) = 1$, onda mera neodređenosti ocene stanja može biti entropija sistema

$$N(D) = -\sum_1^n P(D_i) \log P(D_i). \quad (1)$$

Ova karakteristika je veoma pogodna jer pravilno odražava donete ocene.

Stepen neodređenosti sistema zavisi od broja mogućih stanja n i apriornih verovatnoća $P(D_i)$. Naprimera, ako sistem ima tri moguća stanja sa apriornim verovatnoćama $P(D_1) = 0,98$ i $P(D_2) = P(D_3) = 0,01$, onda sa većom istinitošću može se utvrđivati apriori, da se on nalazi u stanju D_1 i neodređenost takvog sistema je mala. Ako je $P(D_1) = 1$, a verovatnoća svih ostalih stanja jednaka 0, onda sistem uopšte nema neodređenost i $N(D) = 0$. Kada su sve apriorne verovatnoće sistema jednake: $P(D_1) = P(D_2) = \dots = P(D_n) = 1/n$, entropija sistema

$$N(D) = -\sum_1^n P(D_i) \log P(D_i) = \log n$$

ima maksimalno značenje i odgovara najvećoj neodređenosti.

Pri proračunima svrsishodno je da se iskoriste umesto Brigsovih logaritama binarni logaritmi. Ova svrsishodnost dobro se ilustruje na primeru dva jednako verovatna stanja $P(D_1) = P(D_2) = 0,5$. Iz

jednačine (1) $N(D) = -P(D_1) \log_2 P(D_1) - P(D_2) \log_2 P(D_2) = -0,5 \log_2 0,5 - 0,5 \log_2 0,5 = 1$. U svojstvu jedinice entropije uzima se stepen neodređenosti koji je jednak jednom bitu.

Uvođenje entropije, prirodno, ne karakteriše potpuno neodređenost sistema. Ona uzima u obzir samo verovatnoće stanja i njihov broj, ali ne odražava takva bitna svojstva kao što su relativna važnost stanja, njihova blizina i dr. Pri dijagnostikovanju nas interesuje stepen određenosti znanja o stanju instalacije prema rezultatima merenja parametara (osobina), tj. količina informacije koju mi dobijamo kao rezultat merenja.

Neka u zadato vreme hidromotor ima jednake verovatnoće, bilo da je u ispravnom ili neispravnom stanju: $P(D_1) = P(D_2)$. Poznato je da, ako dolazi saopštenje od davača da je temperatura radne tečnosti na izlazu motora manja od $40^\circ C$, onda je motor sa verovatnoćom 0,6 ispravan; pri dolasku saopštenja od davača da je pritisak veći od 20 MPa, može se garantovati sa verovatnoćom 1 takođe ispravno stanje motora. Koje od ovih saopštenja nosi više informacije? Očigledno je, drugo, pošto ono potpuno otklanja neodređenost u našim podacima o stanju hidromotora.

Na taj način, za meru količine informacije o stanju koja se sadrži u merenju veličine x , primenjujemo razliku između početne $N(D)$ (bezuslovne entropije) i preostale posle merenja $N_x(D)$ (srednje uslovne entropije u odnosu na veličinu x) neodređenostima:

$$J_x(D) = N(D) - N_x(D).$$

Početna entropija hidromotora

$$N(D) = -0,5 \log_2 0,5 - 0,5 \log_2 0,5 = 1.$$

Posle promene temperature verovatnoće stanja su $P(D_1) = 0,4$ i $P(D_2) = 0,6$; onda je preostala neodređenost

$$N_i(D) = -P(D_1) \log_2 P(D_1) - P(D_2) \log_2 P(D_2) = -0,4 \log_2 0,4 - 0,6 \log_2 0,6 = 0,25.$$

Količina informacije o stanju hidromotora posle merenja temperature određuje se prema jednačini

$$J_t(D) = N(D) - N_i(D) = 1 - 0,25 = 0,75.$$

Posle merenja pritiska verovatnoće stanja su $P(D_1) = 1$, $P(D_2) = 0$, a količina informacije

$$J_p(D) = N(D) - N_p(D) = 1 - 0 = 1.$$

Ako su D i x nezavisni tj. parametar x nije povezan sa D stanjem, onda je $N(D) = N_x(D)$ i količina informacije koju nosi ovaj parametar, jednaka je

nuli. Veličina $N_x(D)$ predstavlja preostalu neodređenost u određivanju stanja sistema posle merenja parametra x . Što je manja pokazana neodređenost, to više informacije nosi mereni parametar.

Informacije u odnosu na stanje sistema D dobija se pomoću posmatranja (merenja) iza (van) drugog sistema y (y_1, y_2, \dots, y_n). Srednja količina ove informacije ili informativnost sistema Y (celokupnosti merenih parametara y_1, y_2, \dots, y_n) u odnosu na njeno stanje može se odrediti iz jednačine

$J_D(y) = N(D) - N(D/Y)$, gde je $N(D/Y)$ – entropija sistema posle merenja parametara y .

Poslednja jednačina, uz uzimanje u obzir uslovnih verovatnoća, može se dovesti na oblik

$$J_D(y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(D_i y_j) \log_2 \frac{P(D_i y_j)}{P(D_i) P(y_j)}, \quad (2)$$

gde je $P(D_i y_j)$ – verovatnoća svih mogućih spojeva stanja D sa celokupnošću parametara.

Ova jednačina omogućava da se oceni informativnost osobina stanja sistema.

Informacije u odnosu na stanja sistema D_i , koja je dobijena kao rezultat kontrole parametara y_j , određuje se relacijom

$$J_{D_i}(y_j) = \sum_{j=1}^n P(y_j/D_i) \log_2 \frac{P(D_i y_j)}{P(D_i) P(y_j)}, \quad (3)$$

gde je $P(y_j/D_i) = P(D_i y_j) / P(D_i)$ – uslovna verovatnoća. Informacija koju nosi osobina y_j u odnosu na stanje D_i ,

$$J_{D_i}(y_j) = \log_2 \frac{P(D_i y_j)}{P(D_i) P(y_j)}. \quad (4)$$

Važno svojstvo dijagnostičke osobine je takođe njena osetljivost na promene koje se dešavaju u hidrauličnoj instalaciji i koje su izazvane početnom neispravnošću koja je povezana sa promenom strukturnih parametara hidraulične instalacije ili njenih posebnih agregata.

Osetljivost dijagnostičke osobine određuje se stepenom promene njenog značenja pri promeni strukturnih parametara sistema. Kvantitativno, osetljivost osobine k_i ocenjuje se koeficijentom osetljivosti c_i koji u prvom približavanju može biti određeno kao

$$c_i = \Delta k_i / \Delta z_i, \quad (5)$$

gde je Δk_i – porast realizacije osobine k_i ; Δz_i – promena strukturnog parametra z_i sistema koji je povezan sa dijagnostičkom osobinom zavisnošću $k_i = f(z_i)$.

Očigledno je da, što je veća osetljivost osobine, to na ranijem stadijumu razvitka neispravnosti u sistemu ona može biti detektovana.

Izlazni parametri sistema, čija je osetljivost na promene strukturnih parametara mala, nije svrsishodno odabirati u svojstvu dijagnostičkih osobina.

3. KLASIFIKACIJA TEHNIČKIH STANJA I PRAVILA DONOŠENJA ODLUKA

Najpre će se postaviti zadatak, a zatim primeniti pravila donošenja odluka.

Poznat je sistem koji se nalazi u jednom od N slučajnih stanja. Poznata je celokupnost osobina od kojih svaka sa određenom verovatnoćom karakteriše stanje sistema. Zahteva se da se izgradi pravilo za rešavanje pomoću koga se postavljena celokupnost osobina $K(k_1, k_2, \dots, k_n)$ može odnositi na jedno od mogućih stanja (dijagnoza) D_i . Osim toga, neophodno je odrediti verovatnoću donešene odluke.

Pošto je postavljeni zadatak verovatnoća, pravila donošenja odluka predstavljaju statističke metode ocene hipoteza. U dijagnostici primenjuju se Bajesove metode i metode statističkih odluka.

2.1. Bajesov metod

Bajesov metod sastoji se u sledećem. Neka je događaj k_i (promena dijagnostičke osobine k iz celokupnosti K) povezan sa jednim od stanja (dijagnoza) $D_1, D_2, D_3, \dots, D_n$, koja obrazuju punu grupu nekompatibilnih događaja. Pri tome stanja D_1, D_2, \dots, D_m ulaze u podskup N_1 ispravnih stanja instalacije, a stanja D_{m+1}, D_2, \dots, D_n u podskup N_2 neispravnih stanja. Pretpostavlja se takođe da istovremeni otkaz nekoliko (dva i više) agregata ili elementa hidraulične instalacije nije moguć.

Prema eksperimentu eksploatacije poznata je verovatnoća događaja (apriorna verovatnoća) $P(D_1), P(D_2), \dots, P(D_n)$. Tako, ako kao rezultat ispitivanja N objekata kod N_i objekata postoji stanje D_i , onda je $P(D_i) = N_i / N$.

Desio se događaj k_i , neophodno je odrediti verovatnoću toga da je stanje D_i njegov uzrok. Pri tome verovatnoća pojavljivanja događaja k_i pri stanju D_i poznata je iz eksperimenta. Ako se među N_i objekata koji se nalaze u stanju D_i , kod N_{ij} -tog pojavila osobina događaja k_j , onda je $P(k_j / D_i) = N_{ij} / N_i$. Verovatnoća istovremenog pojavljivanja osobine k_j i stanja D_i određuje se prema jednačini

$$P(k_j \cap D_i) = P(k_j) P(D_i / k_j) = P(D_i) P(k_j / D_i)$$

gde je $P(k_j \cap D_i)$ – verovatnoća pojavljivanja

osobine događaja k_j kod objekta koji se nalaze u stanju D_i ; $P(D_i / k_j)$ – verovatnoća nalaženja sistema u stanju P_i posle toga, kada je postalo poznato postavljanje kod njega osobine k_j .

Ako se među N_i dijagnostikovanih hidrauličnih instalacija sa stanjem D_i pojavljuje se osobina događaja k_j , onda je $P(k_j / D_i) = N_{ij} / N_i$.

Iz jednačine (2) dobija se Bajesova formula

$$P(D_i / k_j) = P(D_i) P(k_j / D_i) / P(k_j). \quad (6)$$

Pri eksploataciji hidrauličnih instalacija njihovo tehničko stanje ocenjuje se prema kompleksu osobina K , koje u sebe uključuje celokupnost osobina k_j od kojih svaka može imati m delova (dijagnostičkih intervala). Kao rezultat merenja dijagnostičkih parametara (osobina) postaje poznata relacija (konkretne brožane vrednosti) osobine k_j (k_j^*) i čitavog kompleksa osobina K^* . Bajesova formula za ovaj slučaj ima oblik

$$P(D_i / K^*) = \frac{P(D_i) P(K^* / D_i)}{P(K^*)}, \quad (7)$$

gde je $P(D_i / K^*)$ – verovatnoća nalaženja sistema u stanju D_i posle toga kada su bile određene vrednosti osobina k_j^* , koje ulaze u kompleks K^* .

Pretpostavljajući da su osobine (karakteristike) k_j nezavisne, imamo

$$P(K^* / D_i) = P(k_1^* / D_i) P(k_2^* / D_i) \dots \dots P(k_n^* / D_i) \quad (8)$$

Verovatnoća pojavljivanja kompleksa osobina

$$P(K^*) = \sum_1^n P(D_i) P(K^* / D_i). \quad (9)$$

Uz uzimanje u obzir izraza (9) uopštena Bajesova formula ima oblik

$$P(D_i / K^*) = \frac{P(D_i) P(K^* / D_i)}{\sum_1^n P(D_i) P(K^* / D_i)} \quad (10)$$

Pošto se sistem obavezno nalazi u jednom nekakvom stanju D_i , a realizacija istovremeno dva stanja je nemoguća

$$\sum_1^n P(D_i / K^*) = 1.$$

Odrediti u kakvom se stanju D_i nalazi hidraulična instalacija moguća je pri ispunjavanju uslova

$$P(D_i/K^*) \geq P_D. \quad (11)$$

gde je P_D – raniji izabrani nivo dijagnoze.

Pri neispunjavanju uslova (11) za donošenje odluke o tehničkom stanju hidraulične instalacije potrebna su dopunska istraživanja.

Preporučuje se da se uzima $P_D = 0,9$ za hidraulične mašine (pumpe i motore) i instalacije u celini.

Bajesov metod je jednostavan za primenu, ipak on zahteva postojanje velikog obima statističke informacije, koja za ponovno projektovan sistem, po pravilu, odsustvuje.

2.2. Metod statističkih odluka

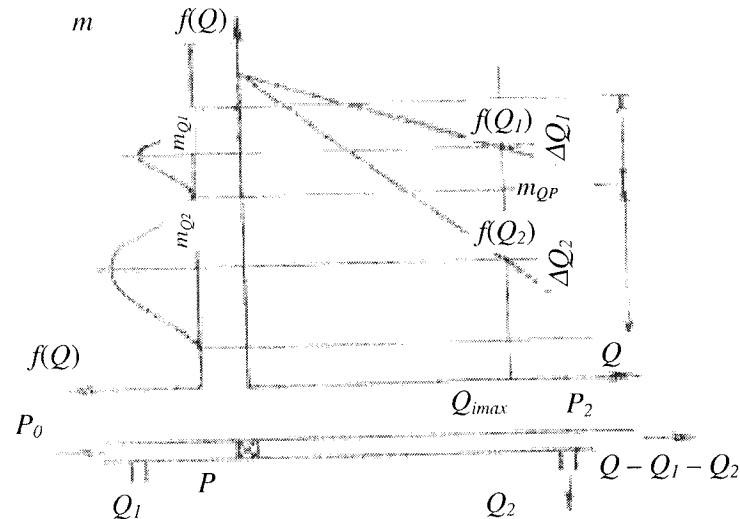
Metod statističkih odluka koristi se u onim slučajevima kada je apriornih podataka nedovoljno.

Razmotrimo takav primjer. Neka je u hidrauličnoj

kao posledica, oticanje tečnosti. Mesto nastajanja oticanja nemoguće je apriori odrediti; kada bi to bilo moguće uraditi odpala bi neophodnost dijagnoze.

Čitavu celokupnost mesta moguće nehermetičnosti objedinimo u dva stanja D_1 i D_2 , za koje postoji jedna osobina, naprimer utrošak tečnosti Q kroz nehermetičnost koja se obrazovala.

Pojavljivanje nehermetičnosti na delu promene pritiska od p_0 do p odnosi se na prvo stanje (njegova osobina je utrošak Q_1), a na delu promene pritiska p do p_2 – na drugo stanje (osobina Q_2). Osobine Q_1 i Q_2 mogu se oblikovati srednjim značenjem (zbog uticaja različitih slučajnih faktora) i slučajne su veličine. Neka zavisnost osobina od sumarnog utroška i njihov raspored budu takvi, kao što je prikazano na sl. 1. (gde je Q_{max} – vrednost utroška, pri kome nastupa otkaz).



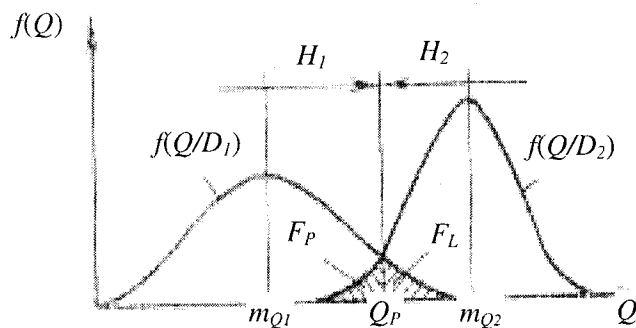
Sl. 1. Šema oticanja u magistrali

U procesu kontrole određena je osobina $Q^* = Q_p$. U slučaju koji je prikazan na sl. 1., delovi $\Delta Q_1 = 6\sigma_{Q_1}$ i $\Delta Q_2 = 6\sigma_{Q_2}$ ne pokriva realizaciju Q_p , sledi da se ne može utvrditi stanje sistema. Shodno stanje je neophodno utvrđivati takvim da se raspored osobina

(parametara) preseca i da se ispunjava uslov

$$\Delta Q = 1,2 (\sigma_{Q_1} + \sigma_{Q_2}).$$

U opštem obliku raspored osobina (parametara) prikazan je na sl. 2.



Sl. 2. Raspored osobina

Usled delovanja uzroka $x = Q$ mogu se uzimati različite vrednosti (značenja) iako je najverovatnije da će se pri stanju D_1 (hipoteza H_1) parametar x razmestiti u određenom dijazonu vrednosti prema zakonu $f(x/D_1)$, a pri stanju D_2 (hipoteza H_2) prema zakonu $f(x/D_2)$. Neophodno je odrediti pravilo izbora jednog od stanja (hipoteze) pri bilo kom rezultatu merenja. Takvo pravilo može biti izbor praga x_p , tj. razbijanje čitavog intervala vremena na dve oblasti: H_1 i H_2 . Hipoteza H_1 (stanje D_1) uzima se u tom slučaju, kada x leži u oblasti $x < x_p$, a hipotezu H_2 (stanje D_2) kada je $x > x_p$.

Bitno je da se oblasti stanja D_1 i D_2 presecaju i zato je principijalno nemoguće da se odabere vrednost $x_p = Q_p$, pri kome pravilo $x < x_p$ ili $x > x_p$ nebi davalo pogrešna rešenja. Zadatak se sastoji u tome da bi izbor x_p bio u nekom smislu optimalan. Pri takvom rešenju postoje dve vrste grešaka. Greška prve vrste je kada se stanje D_1 (ispravno) odnosi na stanje D_2 (neispravno).

Greška druge vrste je kada se umesto stanja D_2 u kome se nalazi sistem, uzima stanje D_1 . Označimo preko H_{ij} moguće hipoteze, gde je i – indeks uzete dijagnoze, j – indeks realnog stanja. Tada je H_{12} – propuštanje ispravnog stanja, H_{21} – lažno donošenje odluke o ispravnom stanju, H_{11} i H_{22} pravilne odluke o stanjima.

Verovatnoće nepravilnih odluka određuju se na sledeći način:

1. Verovatnoća lažnog odnošenja ispravnog stanja na neispravno stanje je

$$P(H_{21}) = F_L = P(D_1)P(x > x_p/D_1) = P(D_1) \int_{x_p}^{\infty} f(x/D_1) dx,$$

gde je $P(x > x_p / D_1)$ – uslovna verovatnoća situacije $x > x_p$, proporcionalna površini ispod krive $f(Q)$ (pogled. sl. 2.); $P_1 = P(D_1)$ – apriorna verovatnoća stanja D_1 .

Ako se osobine raspoređuju prema zakonu normalne raspodele, onda je

$$F_L = P_1 \left[\int_{-\infty}^{\infty} f(x/D_1) dx - \int_{-\infty}^{x_p} f(x/D_1) dx \right] = P_1 \left[1 - \Phi \left(\frac{x_p - m_x}{\sigma_x} \right) \right],$$

gde je Φ – Laplasova funkcija.

2. Verovatnoća greške druge vrste

$$P(H_{12}) = F_P = P(D_2)P(x < x_p/D_2) = P_2 \int_{-\infty}^{x_p} f(x/D_2) dx,$$

ili

$$F_P = P_2 \Phi \left(\frac{x_p - m_x}{\sigma_x} \right).$$

Ekonomski ili drugi zahtevi omogućavaju da se zadaju gubici pravilnih i nepravilnih odluka. Ako se označi preko C_{21} – vrednost greške prve vrste, a C_{12} – vrednost greške druge vrste, onda je srednja vrednost lažnih rešenja

$$C = C_{21} P_1 \int_{x_p}^{\infty} f(x/D_1) dx + C_{12} P_2 \int_{-\infty}^{x_p} f(x/D_2) dx$$

Da bi se našli minimalni gubici od zavisnosti od praga x_p izračunavamo prvi izvod i izjednačavamo ga sa nulom:

$$\frac{\partial C}{\partial x_p} = -C_{21} P_1 f(x/D_1) + C_{12} P_2 f(x/D_2)$$

ili

$$f(x_p/D_1)/f(x_p/D_2) = \frac{C_{12} P_2}{C_{21} P_1}.$$

Sledi da se odluka o stanju uzima prema pravilu:

$x < x_p$ – stanje D_1 , ako je

$$f(x/D_1)/f(x/D_2) > \frac{C_{12}P_2}{C_{21}P_1};$$

$x > x_p$ – stanje D_2 , ako je

$$f(x/D_1)/f(x/D_2) < \frac{C_{12}P_2}{C_{21}P_1}.$$

Odnos gustine verovatnoća

$$f(x/D_1)/f(x/D_2) = \lambda$$

naziva se odnos sličnosti istini.

Za normalno raspoređivanje osobina i pri jednakim disperzijama σ_x^2 odnos sličnosti istini ima oblik

$$\lambda = \exp \left\{ - \frac{x_p(m_{x_1} - m_{x_2}) - 0,5(m_{x_1}^2 - m_{x_2}^2)}{\sigma_x^2} \right\}.$$

Rešimo ovu jednačinu u odnosu na x_p :

$$x_p = \frac{m_{x_1} + m_{x_2}}{2} - \frac{\sigma_x^2}{m_{x_1} - m_{x_2}} \ln \frac{C_{12}P_2}{C_{21}P_1}.$$

Pri eksploataciji hidrauličnih instalacija ocene vrednosti (koštanje) grešaka prve i druge vrste obično su nepoznate i njihovo tačno određivanje povezano je sa velikim teškoćama. To se objašnjava time da se dopuštena verovatnoća propuštanja neispravnosti obično ograničava zahtevima u odnosu na pouzdanost sistema na koji je postavljena hidraulična instalacija, a postojanje grešaka prve vrste povezano je sa povećanjem utrošaka za tehničko održavanje sistema i ekonomskim gubicima u vidu neosnovanih zastoja tehnike.

U vezi sa tim perspektivniji pri izboru optimalnog značenja je Nejmano-Pirsonov metod. Prema ovom metodu granično značenje osobine k_{jp} za dijagnostičku osobinu k_j određuje se iz dopuštene verovatnoće propuštanja neispravnosti $P(H_{12}) = P_D$ iz uslova

$$P_2 \int_{-\infty}^{k_{jp}} f(k_j/D_2) dk = P_D.$$

Veličina P_D označava verovatnoću otkaza agregata i utvrđuje se polazeći od zahteva za pouzdanost sistema na koji je postavljena hidraulična instalacija.

4. ZAKLJUČAK

U svojstvu osobina (parametara stanja) treba birati takve koje je lako određivati, meriti u procesu eksploatacije i obrađivati pri analizi. Nije svrsishodno da se suviše širi nomenklatura osobina. U prvom redu biraju se one osobine, čija promena u procesu eksploatacije dovodi do maksimalnih gubitaka. Traženje osobina veoma je složeno i zavisi

od izabranog metoda dijagnostikovanja. Za izbor osobina i čitave celokupnosti parametara koji karakterišu tehničko stanje hidraulične instalacije primenjuju se statističke i informacione (istraživanje neodređenih sistema) metode.

Prilikom klasifikacije tehničkog stanja i pravila donošenja odluka, u dijagnostici se primenjuju Bajesova metoda i metoda statističkih odluka. Bajesov metod je jednostavan za primenu, ali zahteva postojanje velikog obima statističke informacije, a metod statističkih odluka se koristi u slučajevima kada je apriornih podataka nedovoljno.

LITERATURA

- [1] Adamović, Ž., *Osnovi hidraulike i održavanja uljno-hidrauličnih sistema*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1990.
- [2] Adamović, Ž., Golubović, D., *Totalno održavanje tehničkih sistema*, Tehnički fakultet "M. Pupin", Zrenjanin, 2000.
- [3] Adamović, Ž., Petrović, Lj., *Hidraulika i pneumatika – Izabrani primeri iz prakse*, Tehnički fakultet "M. Pupin", Zrenjanin, 2003.
- [4] Adamović, Ž., *Hidraulika i pneumatika*, Tehnički fakultet "M. Pupin", Zrenjanin, 2002.
- [5] Adamović, Ž., Stojković, B., *Pouzdanost i dijagnostika hidrauličkih sistema*, OMO, Beograd, 2002.
- [6] Биргер, А., *Техническаја диагностика*, Машиностроение, Москва, 1976.
- [7] Комаров, А., *Надежност гидровлических устройств самолетов*, Машиностроение, Москва, 1976.
- [8] Колгин, А., *Датчики средств диагностирования машин*, Машиностроение, Москва, 1984.
- [9] Кондаков, Л., А., *Рабочие жидкости и уплотненија гидравлических систем*, Машиностроение, Москва, 1982.
- [10] Проников, А., С., *Надежност машин*, Машиностроение, Москва, 1978.
- [11] Сирицин, Т., А., *Надежност гидро- и пневмоприводов*, Машиностроение, Москва, 1981.
- [12] Сирицин, Т., А., *Статистически анализ систем управления*, Машиностроение, Издво МАДИ, 1985.