

DEFEKT FAKTOR KLIZNIH LEŽAJA

DEFECT FACTOR OF THE JOURNAL BEARINGS

Dr. sc. Ranko Antunović, dipl. inž.
Mašinski Fakultet Istočno Sarajevo
Istočno Sarajevo

Mr. sc. Amir Halep, dipl. inž.
Tvornica cementa Kakanj
Kakanj

REZIME

Dva najznačajnija tehnička indikatora ispravnosti kliznih ležaja, koji su mjerljivi tokom rada kliznog ležaja, su brzina vibracija i temperatura na kućištu kliznog ležaja. Ukoliko se vrijednosti ova dva indikatora obrade primjenom disjunktivno probablističkog fazi (neizrastog) operatora dobiva se integrisani tehnički indikator ispravnosti kliznog ležaja koji sadrži u sebi informaciju kako o vibracijama tako i o temperaturi ležaja. Ovakav integrisani tehnički indikator je nazvan defekt faktor kliznog ležaja, a u ovom radu je isti definisan i ilustrovana je njegova primjena.

Ključne riječi: defekt faktor kliznih ležaja, vibracije, temperatura, disjunktivno probablistički fazi operator, klizni ležaj, tehnički indikator ispravnosti

SUMMARY

The two most important technical indicators correctness journal bearings, which are measurable during the operation of the journal bearing are the speed of vibration and temperature on the bearing housing. If the values of these two indicators by applying disjunctive probabilistic fuzzy operator gets integrated into defect factor of the journal bearing contains in itself the information about the vibration as well as on bearing temperatures. This integrated technical indicator is called the defect factor of the journal bearing, and in this paper it is defined and illustrated by its application.

Keywords: defect factor of the journal bearings, vibration, temperature, disjunctive probabilistic fuzzy operator, journal bearing, technical indicator of the correctness

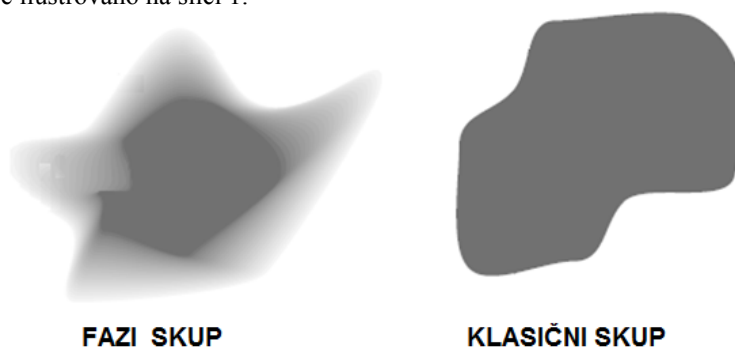
1. UVOD

Upravljanje pripremom procesa održavanja i održavanjem predstavlja jednu od složenijih funkcija proizvodno-tehnoloških preduzeća. Često i naočigled mali problem u radu procesno orjentisanih složenih proizvodnih sistema, kao što je otkaz kliznog ležaja, može uzrokovati duge zastoje u radu postrojenja koji obično rezultuju velikim finansijskim troškovima u poslovanju preduzeća. Zbog toga se danas u svijetu posvećuje posebna pažnja usavršavanju postupaka za predikciju otkaza tehničkih sistema i mašinskih elemenata. Klizni ležajevi imaju veliku primjenu u teškoj mašinogradnji kod mlinova, turbina, drobilica, valjaoničkih i

kovačkih mašina, presa itd.. Osnovna prednost kliznih ležajeva ogleda se u njihovoj nosivosti te vijeku trajanja, od čijeg ispravnog rada ovisi raspoloživost tih tehnički sistema te se proučavanju metoda predikcije otkaza kliznih ležajeva danas posvećuje velika pažnja. Dva najznačajnija indikatora za predikciju otkaza kliznih ležaja su analiza dinamičkog ponašanja ležaja (analiza vibracija) i analiza temperature ležaja (termička metoda) [1], [2]. Primjenom fazi logike se mogu obraditi indikacije mjerenja temperature i indikacije mjerenja vibracija te integrisati u jedan jedinstveni integrisani indikator stanja ispravnosti kliznog ležaja.

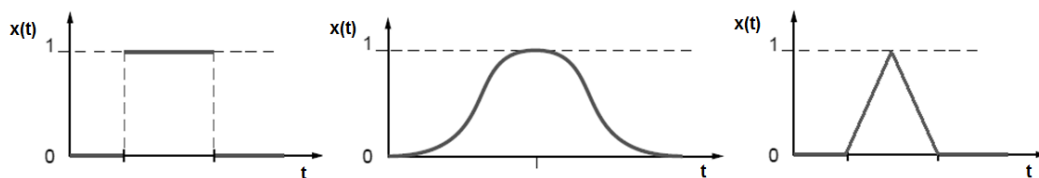
2. DISJUNKTIVNO PROBABILISTIČKI FAZI (NEIZRAZITI) OPERATOR

Engleska riječ fuzzy (fazi) znači da je nešto nejasno i zamučeno. Temelj fazi logike leži u činjenici da su u realnom svijetu stvari rijetko crne ili bijele već sive. U tom smislu fazi logika za razliku od Bulove logike ne prihvata isključiva stanja 0 i 1. Fazi logiku je u nauku uveo američki naučnik Lotfi Zadeh 1965. godine, ali je do šire primjene ovog upravljanja došlo u Japanu na polju proizvoda široke potrošnje kao što su npr. video kamere, veš mašine i slični proizvodi [4]. Fazi logika operiše sa fazi varijablama i fazi skupovima. Fazi skupovi su, najkraće rečeno, skupovi sa stepenastim granicama, odnosno varijable imaju mogućnost da sa postotkom pripadaju određenom skupu. Kod klasičnih skupova koje je 1874. godine definisao njemački matematičar Georg Kantor varijable ili pripadaju u potpunosti ili ne pripadaju određenom skupu tj. klasični skupovi imaju čvrste granice. Potreba da se definišu fazi skupovi proizašla je zbog navedene činjenice da su u realnom svijetu stvari rijetko crne ili bijele [3]. Ovo je ilustrovano na slici 1.



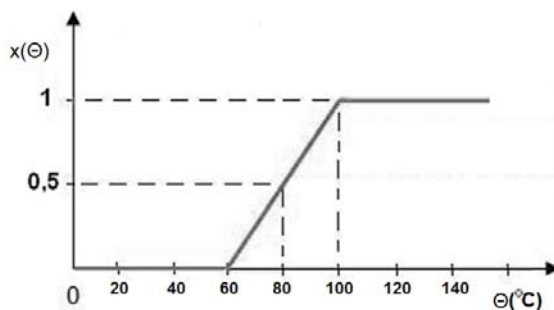
Slika 1. Fazi i klasični skup

Dalje, definišu se i tzv. funkcije pripadnosti $x(t)$ fazi varijable t fazi skupu, gdje je $x(t)$ u rasponu od 0 do 1. Funkcije pripadnosti mogu biti zadane u analitičkom obliku, a mogu i u tabličnom. Oblici funkcija pripadnosti mogu biti različiti (trokutasta, trapezna, Gausova, sigmoidalna itd.), a na slici 2. su dati primjeri funkcija [4].



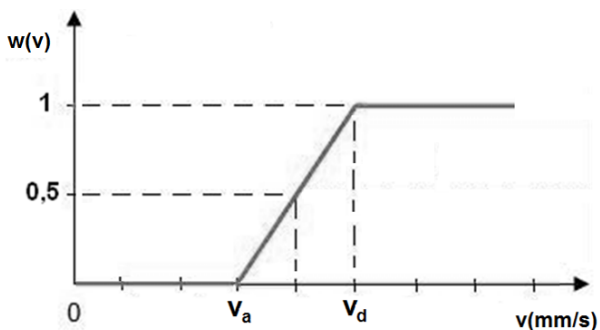
Slika 2. Primjeri funkcija pripadnosti

Na slici 3. je dat primjer definisanja funkcije pripadnosti $x(\Theta)$ temperature kliznog ležaja fazi skupu „pregrijan ležaj“.



Slika 3. Primjer definisanja funkcije pripadnosti neizrazitom skupu “PREGRIJAN LEŽAJ”

Sa slike 3. se vidi da je temperatura ležaja zadovoljavajuća, ako je temperatura ležaja Θ ispod 60°C , zatim dolazi fazi područje „upozorenje“ između 60°C i 100°C te područje „pregrijan ležaj“ iznad 100°C . Bitno je napomenuti da se jednoj varijabli može pridružiti više funkcija pripadnosti [4]. Npr. temperaturi ležaja se osim funkcije pripadnosti skupu „pregrijan ležaj“ može pridružiti funkcija pripadnosti skupu „ležaj zadovoljavajuće zagrijan“ itd. Pomoću funkcije pripadnosti se vrši tzv. fazifikacija tj. realni brojevi se konvertuju u fazi vrijednosti. Npr. temperatura od 80°C se konvertuje u vrijednost 0,5 kao što se vidi na slici 3. Na isti način se definiše funkcija pripadnosti $w(v)$ brzine vibracija kliznog ležaja fazi skupu „previsoke vibracije ležaja“ što je ilustrovano na slici 4.



Slika 4. Funkcija pripadnosti neizrazitom skupu „PREVISOKE VIBRACIJE LEŽAJA“

Vidi se da je nivo vibracija zadovoljavajući, ako su iste ispod v_a , područje upozorenja je između v_a i v_d , a vibracije su previsoke ako su iznad v_d . Dakle limiti vibracija su v_a i v_d , a limiti temperature su Θ_a i Θ_d , odnosno u primjeru sa slike 3. $\Theta_a=60^{\circ}\text{C}$ i $\Theta_d=100^{\circ}\text{C}$. Funkcija pripadnosti neizrazitom skupu “PREGRIJAN LEŽAJ” se može analitički izraziti kao:

$$x(\theta) = \begin{cases} 0 & \text{za } \theta < \theta_a \\ \frac{\theta - \theta_a}{\theta_d - \theta_a} & \text{za } \theta_a \leq \theta \leq \theta_d \\ 1 & \text{za } \theta_d < \theta \end{cases} \quad (1)$$

Na isti način se analitički izražava funkcija pripadnosti neizrazitom skupu „PREVISOKE VIBRACIJE LEŽAJA“:

$$w(v) = \begin{cases} 0 & \text{za } v < v_a \\ \frac{v - v_a}{v_d - v_a} & \text{za } v_a \leq v \leq v_d \\ 1 & \text{za } v_d < v \end{cases} \quad (2)$$

Disjunktivno-probabilistički fazi operator se izračunava po metodi koja je određena formulom:

$$z = \text{probor}(x, y) = (x + y) - x \cdot y \quad (3)$$

gdje su x i y varijable u rasponu od 0 do 1 [5].

3. DEFINICIJA DEFEKT FAKTORA KLIZNIH LEŽAJA

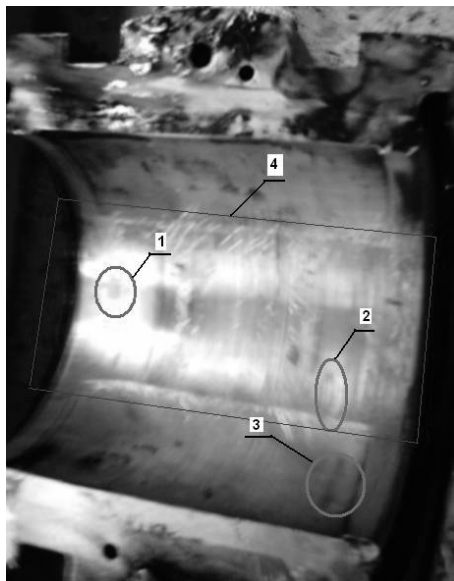
Primjenom disjunktivno probabilističkog fazi operatora se može definisati defekt faktor kliznog ležaja (engleski: Defect Factor of Journal Bearing) DFJB kao:

$$DFJB = (x(\theta) + w(v)) - x(\theta) \cdot w(v) \quad (4)$$

Ovakav defekt faktor kliznog ležaja DFJB predstavlja jedinstveni integrirani indikator stanja ispravnosti kliznog ležaja koji u sebi sadrži informaciju kako o temperaturi tako i o vibracijama ležaja. Ako su temperatura i vibracije u dozvoljenim granicama tj. ispod limita upozorenja tada je vrijednost defekt faktora kliznog ležaja DFJB=0, a ako je barem jedan od parametara (temperatura ili vibracije) iznad limita opasnosti tada je vrijednost defekt faktora kliznog ležaja DFJB=1 sukladno pravilima disjunkcije. Ako je bilo koji od parametara u fazi području upozorenja tada je i defekt faktor kliznog ležaja u fazi području. Uzme li se konkretan primjer u kome je vrijednost fazi varijable korespondentne temperaturi ležaja $x(\Theta)=0$, uzrokovano činjenicom da je temperatura ležaja u zadanim granicama, vrijednost fazi varijable korespondentne vibracijama ležaja $w(v)=0,3$ uzrokovano blagim povišenjem intenziteta vibracija dobivamo vrijednost defekt faktora kliznog ležaja $DFJB=(0+0,3)-0 \cdot 0,3=0,3$. Ako su obje fazi varijable vrijednosti 0,5 dobivamo defekt faktora kliznog ležaja $DFJB=(0,5+0,5)-0,5 \cdot 0,5=0,75$.

4. PRIMJER PRIMJENE DEFEKT FAKTORA KLIZNIH LEŽAJA

Na elektromotoru snage 1,6MW su bili ugrađeni klizni ležajevi sa promjerom rukavca FI180mm. Mjerenjem temperature i brzine vibracija na kućištima spomenutih kliznih ležajeva na jednom ležaju su izmjerene vibracije $v=9,3$ mm/s i temperatura $\Theta=66$ °C.



Slika 5. Oštećenja donje polutke kliznog ležaja

Za dati ležaj limiti vibracija su bili $v_a=4$ mm/s i $v_d=12$ mm/s, a limiti temperature $\Theta_a=60^\circ\text{C}$ i $\Theta_d=90^\circ\text{C}$. Primjenom obrazaca (1) i (2) se provodi fazifikacija izmjerenih vrijednosti brzine vibracija i temperature te se dobiva: $x(\Theta)=(66-60)/(90-60)=0,20$ odnosno $w(v)=(9,3-4)/(12-4)=0,66$. Sračunavanjem defekt faktora prema obrascu (4) se dobiva $DFJB=(0,20+0,66)-0,20\cdot 0,66=0,73$. Može se primjetiti da je vrijednost defekt faktora veća od obje fazi varijable x i w . Nakon što je ležaj rastavljen uočena su značajna oštećenja na donjoj polutki ležaja što je vidljivo na slici 5.

5. ZAKLJUČAK

Primjenom opisanog defekt faktora kliznog ležaja se znatno pojednostavljuje postupak dijagnosticiranja kliznih ležaja, jer se dva najznačajnija tehnička indikatora (temperatura, vibracije) na inteligentan način integrišu u jedan jedinstveni tehnički indikator ispravnosti. Ovo posebno dolazi do značaja kada su u pitanju složeni sistemi sa velikim brojem mjernih tačaka gdje često dolazi do preopterećenja operatora.

6. REFERENCE

- [1] Antunović R., „NADZOR I DIJAGNOSTIKA TEHNIČKIH SISTEMA“, Naučna knjiga, Mašinski fakultet Istočno Sarajevo, 2009. god.
- [2] Novinc Ž., Halep A., „TEHNIČKA DIJAGNOSTIKA I MONITORING U INDUSTRIJI“, Kigen, Zagreb, 2010.
- [3] Zadeh L., „FUZZY SETS“, Information and Control, Vol. 8, pp. 338-353, 1965.
- [4] Chevie F., Guély F., „FUZZY LOGIC“, Cahier technique no 191., Schneider, Grenoble, 1998.
- [5] grupa autora, „FUZZY LOGIC TOOLBOX™ USER'S GUIDE“, The MathWorks, Inc., Natick, 2013.

