

## » Tehnična diagnostika v pogonsko-krmilni hidravliki

*Dr. Franc Majdič* Tehnična diagnostika je veda, ki se ukvarja s prepoznavanjem stanja sistema z določeno natančnostjo v izbranem trenutku. V teoriji prepoznavanja stanja sistema so v tehnični diagnostiki statistične metode, volumske metode in metode določanja parametrov, s katerimi definira in prepozna stanje sistema. V prispevku se osredinjamo na sodobno diagnosticiranje hidravličnih naprav neposredno med obratovanjem.

### Parametri za diagnosticiranje v pogonsko-krmilni hidravliki



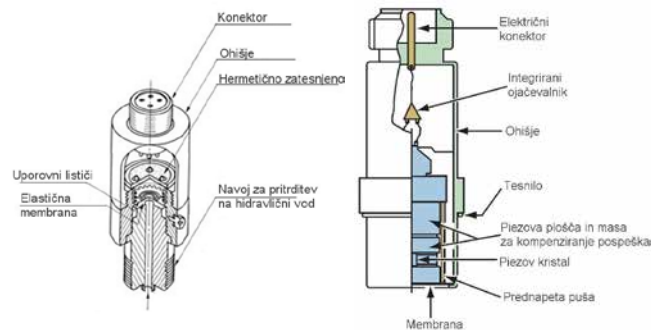
» Slika 1: Različne vrste zaznaval za diagnosticiranje hidravličnih naprav med delovanjem: a) Hydac, d. o. o., b) Parker

Veličine, ki jih lahko zajemamo in spremljamo med delovanjem hidravličnih naprav ter s tem preventivno pripomoremo k dolgotrajnejšemu obratovanju brez nepotrebnih zastojev, so: tlak, pretok, temperatura, čistoča, vlaga, dielektrična konstanta in viskoznost hidravličnega olja ter pomiki batnic hidravličnih valjev, zasuki gredi hidravličnih črpalk in motorjev, vibracije, hrup, elastične deformacije konstrukcije strojev itn. Ko posamezen izmerjen parameter odstopa od priporočene vrednosti, krmilno-nadzorni del hidravlične naprave to javi upravljavcu ali vzdrževalnemu osebju.

#### 2.1 Tlak hidravlične kapljevine

Poznamo dve vrsti tlačnih zaznaval. Prva so z uporavnimi lističi (Slika 2.a) in druga s piezoelementom (Slika 2.b). Najbolj uporabljena in najugodnejša so tlačna zaznavala z uporavnimi lističi. Ti na podlagi deformacije kovinske membrane z običajno štirimi uporavnimi lističi prek integriranega ojačevalnika podajo absolutno vrednost tlaka. Primerna so za statične in počasne dinamične sisteme. Problem nastane, če merimo intenzivno nihanje tlaka ali če se pojavi nenaden podtlak na membrani tlačnega zaznavala.

To po navadi povzroči nenadno trajno poškodbo zaznavala. Manj uporabljena tlačna piezozaznavala pa so primerna za merjenje hitrih dinamičnih prehodnih stanj saj zaznavajo samo relativno spremembo tlaka.



» Slika 2: Prikaz zgradbe tlačnega zaznavala: a) z uporavnimi lističi, b) s piezoelementom



» Slika 3: Različne izvedbe tlačnega zaznavala z uporavnimi merilnimi lističi (HBM - TRC, d. o. o.)

#### 2.2 Tok hidravlične kapljevine

Tok hidravlične kapljevine se lahko meri z več različnimi fizikalnimi principi. Za meritev pretoka se največ uporabljajo princip razlike tlakov in mehanski merilniki, npr. zobniški, turbinski (Slika 4.a), batni, in meritev pretoka po principu bata in vzmeti (Slika 4.b). Batno-vzmetni merilniki pretoka se štejejo za zelo odzivne.



Dr. Franc Majdič • Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani



» Slika 4: Merilnik pretoka: a) turbinski merilnik toka z dodatnim merilnim priključkom (Stauff – TRM Filter, d. o. o.), b) batno-vzmetni merilnik pretoka (Parker –SCQ)

### 2.3 Temperatura

Vsako zvišanje temperature hidravlične kapljevine pomeni izgubo hidravlične energije, zato je treba temperaturo stalno nadzirati. Temperaturo hidravlične kapljevine lahko merimo na različne načine, najpogosteje po principu termočlena. Meritev temperature hidravličnih kapljev pod tlakom (Slika 5.a) je zahtevnejše zaradi tesnjenja in posledično slabše odzivnosti. Vedno pogosteje se uporabljajo tudi principi merjenja in diagnosticiranja s termokamerami (Slika 5.b).



Slika 5: a) Zaznavalo temperature hidravlične kapljevine za tlak do 400 bar (IFM Electronics), b) termokamera (FLIR - MICOM ELECTRONICS d.o.o.)

### 2.4 Čistoča hidravlične kapljevine

Metoda določanja stopnje čistosti z avtomatskimi števci delcev (Slika 6) je danes že zelo uveljavljena. Je hitra, enostavna, ponovljiva, predvsem pa jo je mogoče uporabiti neposredno na hidravličnem sistemu med obratovanjem. Zato odpadeta vzorčenje in priprava vzorca, rezultati pa so bolj merodajni. Na trgu so trenutno tri tehnologije zaznaval: svetloba, laser in tehnologija z upadanjem pretoka. Zaznavala z izviro svetlobe delujejo po principu obsevanja vzorca s svetlobnim snopom. Sence, ki so proizvedene, generirajo električne pulze na fotodetektor. Velikost in število pulzov sta sorazmerno povezana s številom delcev v vzorcu. Razvoj

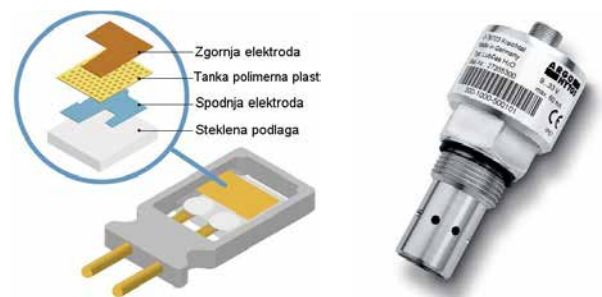


» Slika 6: a) Avtomatski števec delcev CS1200 (Hydac, d. o. o.), b) samostojna naprava za merjenje in izpis čistoče hidravličnega olja UCC20 (Parker)

te tehnologije dovoljuje merjenje do 5  $\mu\text{m}$ . Laserski števci delcev delujejo podobno, samo da je vir svetlobe laserski žarek. Ta tehnologija dopušča merjenje delcev do 2  $\mu\text{m}$ .

### 2.5 Vlaga v hidravličnem olju

Vlaga v hidravličnem olju zmanjšuje nosilnost mazalnega olja in deluje kot katalizator v procesih staranja olja. Povečevanje vsebnosti vode v olju znatno skrajšuje njegovo uporabno dobo. Na primer pri 250 ppm vode v olju je uporabna doba hidravličnega sistema trikrat krajša kot pri 50 ppm vode. Voda je v hidravličnem olju lahko raztopljena, emulgirana ali prosta. Vodo v olju lahko merimo neposredno med delovanjem hidravlične naprave (angl. on-line). Za meritev vlage v olju med delovanjem se uporabljajo različna zaznavala. Med pogosteje uporabljenimi so kapacitivna zaznavala (Slika 7). Ti večinoma kažejo le stopnjo nasičenosti hidravličnega olja z vodo (od 0 % do 100 %), ko se pojavi prosta voda, zaznavalo kaže 100 % ne glede na količino vode v olju.



» Slika 7: a) Zgradba kapacitivnega zaznavala za merjenje vlage v olju, b) kapacitivno zaznavalo vlage (Agrohytos – Ulbrich Hidroavtomatika, d. o. o.)

### 2.6 Dielektrična konstanta in električna prevodnost hidravličnega olja

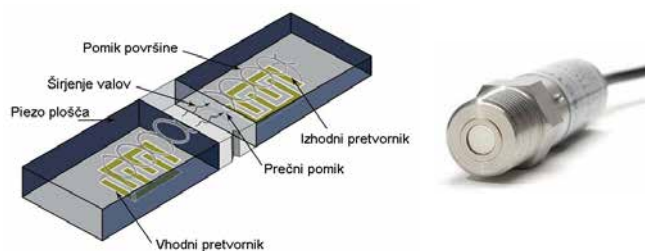
Staranje hidravlične tekočine se odraža na spremembah kemijske molekulske strukture in v spremembah električnih lastnosti tekočine. Dielektrična konstanta in električna prevodnost zato dobro prikazujeta spremembe staranja hidravlične tekočine. Nova olja imajo nizko dielektrično konstanto, s staranjem pa se ta vrednost zvišuje. Običajno se za merjenje prevodnosti in dielektrične konstante (Slika 8.a) uporabljajo kombinirana zaznavala (Slika 8.b), primerni še za druge veličine, kot sta vlaga in temperatura.



» Slika 8: a) Zgradba zaznavala za merjenje prevodnosti in dielektrične konstante – vzporedna razporeditev kapacitivnih plošč, b) univerzalno zaznavalo za merjenje dielektrične konstante, prevodnosti in temperature (HYDACLab)

### 2.7 Viskoznost hidravličnega olja

Zaznavala za merjenje viskoznosti neposredno med delovanjem hidravličnih naprav večinoma sestavljajo površinska akustična piezozaznavala. V nihajni krog integriran piezokristal niha nedušeno s frekvenco nekaj MHz. Pri omočenju piezokristala s kapljevino se del nihanja absorbira in s tem povzroči spremembo resonančne frekvence (Slika 9). Glavna parametra na strani hidravlične kapljevine, ki vplivata na spremembo nihanja, sta viskoznost in gostota.



» Slika 9: a) Princip meritve viskoznosti in b) zaznavalo za merjenje viskoznosti (SenGenuity)

## Sklep

Kljub temu da je princip delovanja hidravličnih naprav z integrirano diagnostiko zelo zanesljiv in predvidljiv, vzdrževanje pa sodobno napovedno, je v industriji le malo takih sistemov. Največji problem pri izvedbi sodobnih hidravličnih sistemov z integriranim sodobnim diagnostičnim sistemom je v ceni. Glede na trajnost delovanja hidravlične naprave in stroške vzdrževanja pa je integriran diagnostični sistem lahko kmalu poplačan.

» [lab.fs.uni-lj.si/lft](http://lab.fs.uni-lj.si/lft)

## » Vzdrževanje v podjetju ACRONI, d. o. o.

*dr. Franc Majdič  
Polanč Branko  
Žiga Rabič*

Podjetje ACRONI, ki se nahaja na Koroški Beli pri Jesenicah, je največji slovenski proizvajalec ploščatih jeklenih izdelkov. ACRONI je vključen v skupino SIJ (Slovenska Industrija Jekla) in je po proizvodnji največji njen član.

Podjetje ACRONI s Koroške Bele pri Jesenicah je največji slovenski proizvajalec ploščatih jeklenih izdelkov. ACRONI je vključen v skupino SIJ (Slovenska industrija jekla) in je po proizvodnji njen največji član. Metal Ravne in Noži Ravne sta znatno manjša, v tej skupini pa je še nekaj malih podjetij. Vizija podjetja ACRONI je postati eden vodilnih dobaviteljev nerjavne debele pločevine v Evropi, vodilni regijski proizvajalec elektropločevin ter vrhunski proizvajalec konstrukcijskih in specialnih jekel. V primerjavi s svojo svetovno konkurenco je podjetje majhno (nominalna zmogljivost 400 000 ton letno), za nekatere zelo majhno. To je pogosto velika prednost, saj se lahko izredno hitro prilagodi zahtevam in potrebam kupcev, ki na hitro iščejo izdelke oz. polizdelke naštetega asortimenta. Železarnе z zmogljivostjo več milijonov ton letno takih »hitrih manevrov« in »drobnih« naročil niso sposobne izvesti.

V podjetju je zaposlenih 1133 ljudi, od tega 214 v službi za



vzdrževanje. Med vzdrževalci je 55 inženirjev (VI. in VII. stopnje) strojne in elektrostroke, torej 26 odstotkov.

Proizvodni del podjetja predstavljajo štiri obrati: jeklarna, vroča valjarna, predelava debele pločevine in hladna valjarna. Glavni vhodni material v Acroniju so stare odpadne kovine, imenovane staro železo ali rena. S tem se polni elektroobločna peč, ki s tremi elektrodami in transformatorjem moči 80 MVA v od 50 do 100 minutah (odvisno od kvalitete jekla) proizvede do 85 t tekočega jekla, katerega končna želeni kvaliteta se doseže na napravah izvenpečne metalurgije. Izdelano jeklo tehnološki postopek vodi v vročo valjarno, od tam pa bodisi v predelavo debele pločevine bodisi v hladno valjarno, odvisno od naročila kupca.

Po zdajšnji organizaciji podjetja je vzdrževanje centralizirano. Vodi ga direktor vzdrževanja, ki ni podrejen nobenemu od proizvodnih direktorjev, ampak neposredno glavnemu direktorju. Taki organizaciji v tovrstnih proizvodnjah daje v primerjavi z drugimi oblikami organiziranosti prednost tudi večina svetovne strokovne



**dr. Franc Majdič**, Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani • **Branko Polanč, dipl. inž. str.**, Acroni d.o.o. • **Žiga Rabič, abs. str.**, Acroni d.o.o.