

Analiza stanja ulja u energetskim postrojenjima

SAŽETAK

Uobičajeni način praćenja i kontrole stanja ulja u uljnim sustavima temelji se na periodičkom uzimanju uzorka koje se potom dostavlja u laboratorij na analizu. Laboratorijska mjerenja regulirana su tehničkim normama (ASTM, DIN itd.). Dugogodišnja iskustva govore da se uzorkovanje i laboratorijske analize provode najčešće jednom godišnje. Više od toga samo u izvanrednim situacijama, kao npr. u slučaju iznenadnog zastoja u radu radnog sustava. Stoga se planovi proaktivnog održavanja uglavnom temelje na godišnjoj analizi uzorka ulja. Već duže vrijeme dostupni su i sustavi za praćenje stanja ulja u realnom vremenu (*u daljnjem tekstu in-line sustavi*), koji se temelje na analizi dielektričnih svojstava ulja. Oni daju samo zbirne parametre koje je teško interpretirati, jer nisu u korelaciji s parametrima iz laboratorijskih analiza.

U tekstu predstavljeni su novi sustavi praćenja stanja ulja, koje je u suradnji sa brojnim korisnicima razvila tvrtka *Spectrolytic*. Radi se o mjernoj opremi ugrađenoj u uljni sustav (*in-line*), te o prenosivim uređajima koji u realnom vremenu mjere iste parametre u istim jedinicama, koje korisnici dobivaju u laboratorijskim izvješćima. Stoga korisnici *in-line mjernog sustava* u svakom trenutku imaju uvid u sve vitalne parametre ulja, koje onda mogu uspoređivati s istima dobivenim iz laboratorija.

In-line sustav praćenja stanja ulja omogućuje korisnicima pravovremenu intervenciju u uljni, odnosno radni sustav, kako bi se spriječili možebitni zastoji u radu, a time i generirali dodatni troškovi.

1. Uvod

Za nesmetani rad energetskih postrojenja (*motori, turbine, kompresori, pumpe, ventilatori, hidraulički sustavi za prijenos snage...*) od vitalne su važnosti ulja i maziva. Njihova je svojstva potrebno kontinuirano održavati unutar propisanih vrijednosti.

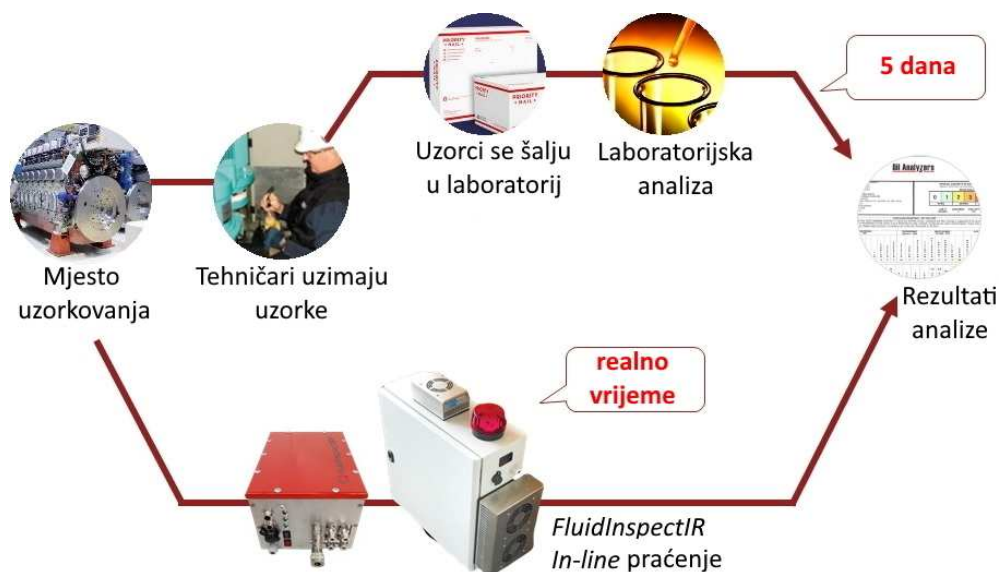
Održavatelji industrijskih pogona (*inženjeri i serviseri*) brinu o opremi visoke materijalne vrijednosti i odgovaraju za njihovu raspoloživost. Pri tome se oslanjaju pretežno samo na jednogodišnje uzorkovanje i jedno laboratorijsko izvješće, što ne jamči pouzdan i nesmetan rad radnog stroja.

Praćenje stanja ulja i maziva temeljni je dio politike održavanja energetskih sustava.

2. Mogućnosti praćenje stanja ulja i uljnog sustava

Ulje u radnom sustavu može imati nekoliko funkcija. Može biti podmazivački, energijski ili rashladni medij. Isto tako može imati i sekundarnu zadaću ispiranja i uklanjanja onečišćenja iz kritičnih dijelova sustava. Zbog toga je analizom ulja moguće doći do vrijednih podataka koji govore o stanju i procesima u ulju, odnosno uljnom sustavu.

Laboratorijska analiza vrlo često detektira prisustvo slobodne vode u ulju. U vremenu koje je proteklo od trenutka incidenta do trenutka dobivanja laboratorijskog izvješća, najčešće je već započeo proces emulgacije ulja, a istodobno i promjena vitalnih fizičkih i kemijskih svojstava (*viskoznost, TAN (ukupni kiselinjski broj)*). U takvom slučaju spašavanje ulja nije izvjesno, niti gospodarski opravdano. Odmah treba pristupiti njegovoj zamjeni, kako bi se izbjegli kvarovi i oštećenja elemenata uljnog sustava i duži zastoj u radu glavnog stroja. Na slici 1 prikazan je tipični proces analize ulja u laboratoriju u usporedbi s analizom *in-line*, odnosno u realnom vremenu.



Slika 1: Tijek praćenja stanja ulja u realnom vremenu u usporedbi s laboratorijskom analizom⁽¹⁾

Vidljiva je očita prednost praćenja stanja ulja u realnom vremenu. Na osnovi očitanih podataka moguće je prepoznati zbivanja u uljnom sustavu (*prodor vode, pojačano trošenje, pjenjenje,...*) i odmah pristupiti uklanjanju uzroka potencijalnih smetnji i zastoja u radu.

To pridonosi produžetku trajnosti ulja, a zamjena uljnih punjenja se obavlja i veže uz stanje ulja, a ne više uz vremenske intervale. Sve to doprinosi bitnom minimiranju troškova održavanja i troškova rada radnog sustava.

Dodatna prednost *in-line* praćenja stanja ulja u realnom vremenu je mogućnost razumijevanja promjene signala na ostalim sensorima radnog sustava (*npr. sensorima praćenja vibracija, trošenja, temperature, itd.*), čime se dobiva prošireni uvid u stanje radnog sustava, odnosno optimiranja njegovog rada.

Valja spomenuti da praćenje stanja ulja u realnom vremenu nije novost. O tome se govori i piše posljednjih nekoliko godina. Međutim, ta rješenja temeljena su na razvoju senzora za mjerenje *dielektrične konstante i otpornosti ulja*. No ta fizička svojstva ne se ispituju u laboratorijima i nisu sastavni dio laboratorijskih izvješća. U praksi, tijekom rada radnog sustava, u ulju se događaju mnoge reverzibilne i ireverzibilne promjene (*smanjenje baznog broja, oksidacija, koncentracija vode, pojava čađe, smanjenje sadržaja aditiva, promjena temperature, itd.*). Svi ovi pojedinačni

parametri utječu na izlazni rezultat senzora, ali nije moguće definirati osnovni uzrok uočenih promjena.

Povratne informacije korisnika ukazivale su na potrebu za senzorom koji u realnom vremenu daje podatke **usporedive s onima iz laboratorijskog izvješća**. Tvrtka *Spectrolytic* je u suradnji s korisnicima razvila posebnu paletu analizatora koji mjere osnovne parametre razgradnje i kontaminacije ulja kao što su oksidacija, nitracija, sulfacija, voda, čađa, glikol, kao i stanje aditiva protiv trošenja. U sustav je također uključena napredna kemometrika¹ za izdvajanje vrijednosti TAN-a (*ukupni kiseli broj*), TBN-a (*ukupni bazni broj*), ipH², viskoznosti i stanje drugih aditiva. Korisnik pri tome sam odlučuje koje parametre želi pratiti.

3. Praćenje stanja ulja u sustavu (*In-line*)

Spectrolyticov **FluidInspectIR® *In-line* analizator**³ za praćenje stanja ulja omogućuje jednostavnu instalaciju u uljni sustav. Zahvaljujući konstrukcijskom rješenju „*plug and play*“, ugradnju analizatora je moguće izvesti samostalno, uz podršku na daljinu Spectrolyticovih servisnih inženjera.

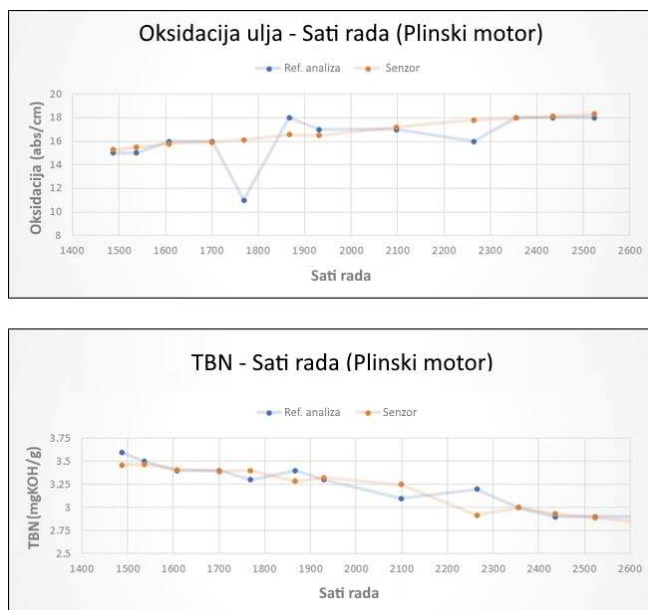
Unutar analizatora nalazi se MIRS8-T⁴, te novo razvijeni senzor srednje frekvencije (MIR) koji izdvaja relevantnu informaciju o stanju ulja, praćenjem promjena u infracrvenom spektru. Ta analitička metoda identična je onoj koja se koristi u laboratorijima i daje ključne podatke o ulju u istim jedinicama i točnosti kao i standardna referentna analiza iz laboratorija (slika 2).

¹ kemijska disciplina koja se bavi predviđanjem i optimiziranjem pokusa te dobivanjem optimalne kemijske obavijesti analizom podataka

² ipH - mjera jakosti kiselih komponenti u sustavu.

³ Višesenzorni sustav za praćenje stanja ulja u realnom vremenu, ugrađen u uljni sustav

⁴ *Microwave Integrated Retrieval System* - Senzor (Mikrovalni integrirani senzor) ugrađen u *FluidinspectIR* analizator



Slika 2: Usporedba rezultata mjerenja senzorom i analize ulja u laboratoriju ⁽¹⁾

FluidInspectIR® *In-line* Analizator može se integrirati u glavni tok ulja u sustav stroja ili pak u povratni vod kartera, ili uljnog spremnika (slika 3). Ako je potrebno, analizator se može upotpuniti senzorom za brojenje čestica nastalih trošenjem, senzorom viskoznosti ili pak drugim senzorima koji mogu pružiti dodatne, korisniku važne informacije.

Postrojenje na deponijski plin

FluidInspect IR® In-line praćenje:

- TAN, TBN, pH, oksidacija, nitracija, sulfatizacija, voda i viskoznost
- Ulje iz korita motora



Postrojenje na prirodni plin

FluidInspect IR® In-line praćenje:

- TAN, TBN, pH, oksidacija, nitracija, sulfatizacija, voda i viskoznost
- Ugrađeno u glavni uljni vod



Industrijska vozila – Dizelski motori

FluidInspect IR® In-line praćenje MIRS8-T:

- Oksidacija, TBN, sulfatizacija, voda, čađa
- Prijenos podataka u oblak



Slika 3: Primjeri ugradnje FluidInspectIR® In-line analizatora⁽¹⁾

4. Prilagođavanje senzora vrsti ulja

MIRS8-T senzor stanja ulja koji se nalazi unutar FluidInspectIR® *Inline analizatora* se može konfigurirati za sve tipove ulja koja se sastoje od baznih ulja skupine 1-3 (tablica 1) i niza aditiva (*disperzanti, antioksidansi, antikorozijski, itd.*). Dostupne su i konfiguracije prilagođene sintetičkim uljima.

Unutar samog senzora postoji niz diskretnih kanala koji mogu izravno pratiti parametre kao što su oksidacija, nitracija, sulfacija, voda, smanjenje količine aditiva i čađa. Rezultati dobro koreliraju s ASTM i DIN standardima. Ostale parametre kao što su TAN, TBN, viskoznost i ipH može se očitati korištenjem povijesnih podataka i softvera za kemometričko modeliranje. Od jednog senzora operater dobiva niz parametara, temeljem kojih u svakom trenutku ima uvid u stanje ulja.

Tablica 1: Kategorije baznih ulja⁽²⁾

Kategorija baznih ulja	Indeks viskoznosti	Udio zasićenih ugljikovodika %	Sumpor %
Grupa I	80 -120	< 90	> 0,03
Grupa II	80 - 120	≥ 90	≤ 0,03
Grupa III	≥ 120	≥ 90	≤ 0,03
Grupa IV	PAO – Polialfaolefini (IV≥130)	100	0
Grupa V	Sva ostala bazna ulja koja nisu uključena u I, II, III, IV ili VI skupinu (npr. esteri)		

5. Upravljanje podacima

Kako se sve više kreće prema područjima Industrije 4.0 ili Industrije 5.0 u kojoj su čvrsti roboti zamijenjeni suradničkim robotima, kobotima, korisniku postrojenja je važno da u svakom trenutku ima pristup informacijama, odnosno bazi podataka.

U slučaju FluidInspectIR® *inline analizatora*, podatke koje generiraju senzori moguće je:

- (1) poslati u Spectrolytic-ov Oblak, a korisnik im može pristupiti preko prilagodljivog grafičkog sučelja.
- (2) poslati u Korisnikov oblak, u koji se ugrađuje i poveznica na Spectrolytic-ov API (*aplikacijsko programsko sučelje*) koje prikupljene podatke pretvara u rezultate parametara ulja.
- (3) korištenjem rubnog računarstva (*edge computing*), gdje se prikupljeni podaci obrađuju na samom senzoru.

S web portala u Oblaku korisnik može pristupiti grafičkim prikazima sa svih senzora kako bi dobio potpunu sliku stanja ulja. Korisnik može definirati i postaviti granične vrijednosti za svaki parametar te tako signalizirati promjene trendova u ponašanju ulja.

6. Fleksibilnost sustava

Inline FluidInspectIR® analizator za praćenje stanja ulja može se koristiti kod raznih turbinskih postrojenja kao što su turbine (*parne, plinske, hidro*) za proizvodnju energije, kod plinskih motora i velikih plinskih kompresora. Isto tako može biti i minijaturne izvedbe za primjenu kod motora na teškim vozilima, poput velikih kamiona, bagera i ostale građevinske mehanizacije. Može se ugraditi i u sustave hidrauličkih i reduktorskih ulja. Važno je istaknuti da se može konfigurirati za sve vrste ulja s i bez esterskih aditiva.

7. ZAKLJUČAK

Težište ovog rada je ukazati na korist i prednosti analize i praćenja stanja ulja u realnom vremenu, na način koji korisnicima daje razumljive podatke. Razvijeni senzorski sustavi korisnicima prikazuju parametre u pripadajućim mjernim jedinicama, koje se jednostavno uspoređuju s istima iz laboratorijskih analiza.

Mogu se jednostavno koristiti ili kao samostalni uređaj ugrađen u sustav, ili unutar mobilne jedinice.

Obzirom da procese kvarenja ulja nije moguće izbjeći, s pomoću ***in-line analizatora*** neželjene procese je moguće pravovremeno identificirati i njima uspješno upravljati.

8. LITERATURA

1. Neil Conway, Carsten Giebler, Dr. Benjamin Wiesent, OilDoc Conference&Exhibition, 11/2021.: Novel In-line Oil Condition Monitoring
2. <http://www.maziva.org/podmazivanje/maziva/bazna-ulja/>
3. <https://en.oelcheck.com/wiki/?direction=prev&oldid=14429&title=REM-EDX&cHash=bed2c5286f6629c2c026eacc4b19e331>
4. A.Rogić: Upravljanje onečišćenjem u uljnim sustavima, (I dio, II dio, III dio), EGE 1/2001, 2/2001, 3/2001,
5. A.Rogić: Mogućnost produženja trajnosti ulja i uljnih sustava, Gospodarstvo i okoliš, 6/96
6. A.Rogić: Vzdrževanje oljnih sistemov, EGES 4/2002.