

Sprotno kontrolno spremljanje kvalitete fluida v energetskih postrojenjih

Bruno ANTOLOVIĆ, Amela KRAJNC

■ 1 Uvod

V prispevku so podane osnove koncepta sprotnega kontrolnega spremljanja (on-line monitoring) kvalitete olja v energetskih postrojenjih, razlogi za njegovo uvajanje, opisane pa so tudi sodobne rešitve in ustrezna oprema. Obravnavan je konkreten primer uvajanja sprotnega spremljanja kvalitete olja v elektrarnah v sklopu HEP, d. d., Hrvaška, ki zajema celoten proces od idejne rešitve do izbire investitorja in ekonomske upravičenosti takšne aktivnosti.

Uvajanje sistematične kontrole fizikalno-kemičnih lastnosti turbinskih in hidravličnih fluidov, predvsem kar zadeva čistost in vsebnost vlage, omogoča vpogled v stanje fluida in opreme, ki je v stiku z njim, ter posledično pomoč pri določitvi potrebne obravnave fluida, ki bo zagotovila njegovo nadaljnjo zanesljivo uporabo. Kljub veliki pozornosti, ki je posvečena kvaliteti in splošnemu stanju fluida med remontom energetskega postrojenja ter aktivnostim za doseganje zahtevane kvalitete in stanja fluida na začetku novega delovnega cikla, je sprotno kontrolno spremljanje kvalitete fluida v ener-

getskih postrojenjih pogoj za njihovo zanesljivo in dolgoročno delovanje.

■ 2 Koncept sprotnega kontrolnega spremljanja kvalitete fluida

Sprotno kontrolno spremljanje kvalitete fluida v energetskih postrojenjih se v zadnjih letih uvaja kot del skupne proaktivne strategije. To je skupek merilnih postopkov, pri katerih se vzorec, ki naj bi bil analiziran, dovaja v merilno napravo direktno iz sistema. Ko govorimo o sprotne kontrolnem spremljanju kvalitete fluida, mislimo predvsem na spremljanje količine trdnih delcev oz. čistosti in vsebnosti vlage v hidravličnem olju. Trdni delci lahko pridejo v hidravlični sistem že pred zagonom oz. med polnjenjem sistema, vdrejo v njega iz okolice, ali pa nastanejo kot posledica mehanske obrabe sestavnih delov komponent hidravličnega sistema (abrazija, erozija in površinska utrujenost). Kroženje trdnih delcev v sistemu povzroča nadaljnje poškodbe površin komponent sistema. Vlaga, ki prodira v fluid, škoduje tako fluidu in komponentam sistema. S sprotno kontrolo kvalitete fluida je možno spremljanje tudi drugih parametrov, kot so viskoznost, dielektrična konstanta itd. Na ta način so vse spremembe stanja fluida takoj opazne in

pravočasno opozarjajo uporabnika na težave v sistemu.

Pri spremljanju stanja olja v praksi je potrebno upoštevati veljavne tehnične standarde in merilne metode s področja diagnostike stanja hidravličnih sistemov. Diagnostična in servisna oprema morata biti v skladu z veljavnimi standardi, preverjeni v laboratorijskih in terenskih razmerah ter prilagojeni industrijski rabi. Konstruirana je predvsem za stalno vgradnjo v sisteme, kar pomeni, da je integrirana v funkcionalnost sistema. Na naprave je mogoče priključiti digitalne prikazovalnike in/ali s pomočjo programiranja mejnih vrednosti priključiti sistem alarmiranja. Večina merilnih naprav ima tudi krmilno vlogo, tako da lahko s pomočjo relejev nadzoruje servisno opremo (npr. ob porastu kontaminacije vklopi agregat za kondicioniranje hidravličnega fluida).

Sprotno kontrolno spremljanje kvalitete hidravličnega fluida je le del celovitega programa upravljanja kvalitete fluida v praksi. Izkušnje kažejo, da uporaba tehnologije sprotnega spremljanja kvalitete hidravličnih fluidov omogoča v kratkem času ustvarjanje razmer za doseganje občutnih prihrankov v daljšem obdobju eksploatacije fluidov.

Bruno Antolović, dipl. inž., Eko Usluge, d. o. o., Zagreb; Amela Krajnc, inž. str., HYDAC, d. o. o., Maribor



3 Primer iz prakse

V nadaljevanju je predstavljen primer uvajanja sprotnega kontrolnega spremljanja kvalitete hidravličnega fluida v hidroelektrarnah na Dravi, ki so v sklopu HEP – Proizvodnja, d. d. – PP HE Sjever, Hrvaška. Idejna rešitev je rezultat dela Bruna Antolovića iz podjetja Eko Usluge, d. o. o., Zagreb, ki se že vrsto let ukvarja s t. i. oljnim servisom, predvsem na področju energetike.

3.1 Analiza obstoječega stanja

V PP HE Sjever se izvaja sistematična kontrola izikalno-kemičnih lastnosti hidravličnega fluida že od samega začetka delovanja posameznih postrojenj. Z rednim spremljanjem vsebine trdnih delcev in vlage se je začelo leta 1998. Od takrat so bile nekajkrat, s pomočjo pravočasne obdelave fluida, preprečene večje posledice okvar opreme oz. zastoja pri proizvodnji električne energije.

Zaradi pozitivnih izkušenj je bila leta 2005 nabavljena oprema za nadzor in vzdrževanje kvalitete hidravličnega fluida v obratovanju oz. za obdelavo olja pri remontu za vse tri pogoje PP HE Sjever – naprave za določanje vsebnosti trdnih delcev in vlage ter agregati za vakuumsko dehidracijo in lno filtriranje olja. Oprema se glede na planirane remonte in dejansko stanje, ugotovljeno s pomočjo inštalirane merilne opreme, uporablja v posameznih pogonih in na različnih merilnih mestih. Dosledno spremljanje dejanskega stanja fluida in pravočasno ukrepanje sta pripeljala do opaznega izboljšanja stanja turbinskih in hidravličnih fluidov.

3.2 Pomembnost vgradnje merilne opreme

Z vgradnjo dodatne merilne opreme za sprotno kontrolno spremljanje kvalitete hidravličnih fluidov so želeli preprečiti kakršenkoli negativni pojav ali trend, ki bi lahko pripeljal do poslabšanja kvalitete fluida ter do nezaželenega zastoja in/ali poškodb

hidravlične opreme. S pomočjo analognih signalov 4–20 mA je omogočena integracija v obstoječe sisteme vodenja elektrarn (PLC – Programmable Logic Controller) in namestitve mejnih vrednosti alarma za posamezne parametre kvalitete olja (% S – stopnja zasičenja olja z vodo, ISO 4406:1999 – razredi čistosti).

3.3 Izbira merilne opreme za sprotno kontrolno spremljanje kvalitete fluida

Osnovna kriterija pri izbiri merilne opreme sta bila:

- priporočeni tipi merilne opreme – *tabela 1*,
- mesto vgradnje opreme CM – CONDITIONING MODULE, ki je sestavljen iz naprave CS 1000 in pripadajočega sklopa za regulacijo tlaka – *tabela 2*.



HYDAC

po predstavitvi samo nekaterih novosti iz programa fluidne tehnike v Mariboru, 1. in 2. marca 2007,

vabimo na obisk sejma avtomatike v Hannoveru in BAUMA v Münchnu, aprila 2007, na katerih bomo tudi uradno predstavili precej novosti v razvojno – prodajnem programu.

Za vas smo priskrbeli tudi določeno število sejmskih vstopnic.

Nekatere novosti bomo predstavili ponovno v Mariboru, 8. in 9. novembra 2007, na hišni predstavitvi.

Vljudno vabljeni!



Dodatne informacije in prijave:

HYDAC d.o.o., Zagrebška c. 20, 2000 Maribor,
tel. 02/ 460 15 20; fax: 02 / 460 15 22; e-mail: info@hydac.si

Tabela 1. Priporočena oprema za sprotno kontrolno spremljanje kvalitete hidravličnih fluidov






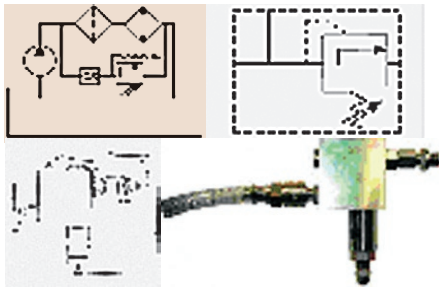
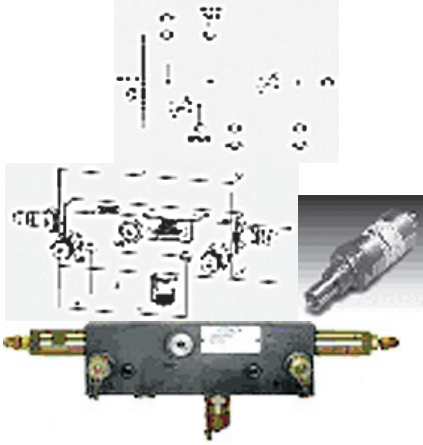
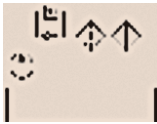
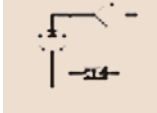

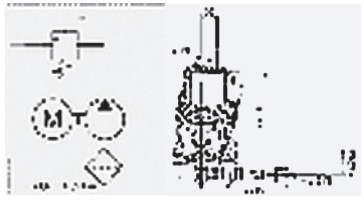
					
Naziv opreme	CS 1000	CS 2000	AS 1000	CSM 1000	CSM 2000
Kratek opis	„Contamination Sensor“ – senzor za merjenje vsebnosti trdnih delcev v hidravličnih in mazalnih fluidih	„Contamination Sensor“ – senzor za merjenje vsebnosti trdnih delcev v hidravličnih in mazalnih fluidih	„Aqua Sensor“ – senzor za merjenje relativne vsebnosti vlage in temperature v fluidu	<ul style="list-style-type: none"> ▪ „Contamination Sensor Module“ z vgrajenim CS 1000 in AS 1000 ▪ Zagotavlja stabilne pogoje merjenja ▪ Samostojna enota z vgrajeno črpalko za jemanje vzorcev iz sistemov, ki niso pod tlakom 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ „Contamination Sensor Module“ z vgrajenim CS 2000 in AS 1000 ▪ Zagotavlja stabilne pogoje merjenja ▪ Samostojna enota z vgrajeno črpalko za jemanje vzorcev iz sistemov, ki niso pod tlakom
Značilnosti opreme	<ul style="list-style-type: none"> ▪ delovni tlak: do 300 bar ▪ brez vhodnih signalov ▪ krmilni izhod ▪ analogni izhod: 4 – 20 mA ali 0 – 10 V ▪ RS485 port ▪ možnost recalibracije ▪ IP 67 ▪ odporen na udarce in vibracije ▪ kompaktna konstrukcija ▪ display – 3 mestni 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ delovni tlak: max. 40 bar ▪ 30 ... 300 ml ▪ 10 - 200 ml/min ▪ vhodni signali: 2x4–20 mA, vhodi za AquaSensor (AS) ali drugi senzor ▪ RS232 za prikaz rezultatov po ISO ▪ 2 alarmna releja ▪ univerzalni PLC izhod ▪ opcija: 4–20 mA, RS232, RS485 ili Ethernet ▪ možnost recalibracije ▪ veliko število izhodnih podatkov 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ odstotek zasičenosti: 0...100 %S, temperatura: -25...100 °C ▪ delovni tlak: -0,5...50 bar ▪ hitrost toka: max. 5 m/sec ▪ viskoznost: 1...5000 mm²/s ▪ napajanje: 12...32 V DC ▪ analogni izhod: 4 ... 20 mA (0...100%), natančnost kalibracije ≤ ±2% FS max., ▪ možnost recalibracije 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ zobniška črpalka ▪ vhodni tlak: -0,4-0,5 bar ▪ izhodni tlak: 120 bar ▪ viskoznost: 10-1000 mm²/s ▪ delovna temp.: 0...+ 70°C ▪ RS232 za prikaz rezultatov po ISO standardu ▪ 2 alarmna releja ▪ univerzalni PLC izhod ▪ opcija: 4–20 mA, RS232, RS485 ali Ethernet ▪ možnost recalibracije ▪ veliko število izhodnih podatkov 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ zobniška črpalka ▪ vhodni tlak: -0,4-0,5 bar ▪ izhodni tlak: 120 bar ▪ viskoznost: 10-1000 mm²/s ▪ delovna temp.: 0...+ 70°C
Programska oprema CoCoS	NE	DA	DA (preko CS 2000)	NE	DA

Tabela 2. Mesto vgradnje opreme (CONDITIONING MODULE*) – tipični primeri inštalacij s pripadajočo opremo

Št.	UPORABLJEN MODUL	HIDRAVLIČNA SHEMA	OPIS FUNKCIJE	OCENA
1	CM-O ConditioningModule Outlet (izhodna enota modula za kondicioniranje)		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tlak na vhodu je zadosten za nastajanje diferencialnega tlaka (Δp) ▪ delovni tlak: do 350 bar ▪ povratek olja poteka direktno v rezervoar ali v vod za filtrom in hladilnikom, odvisno od diferencialnega tlaka (Δp) ▪ dušenje (možnega) previsokega pretoka skozi CM-O 	✓
2	CM-FMB ConditioningModule Fluid Monitoring Block (blok modula za kondicioniranje, ki ima možnost ugradnje dodatnih elementov) - pri tej opciji je AquaSensor AS 1000 (senzor stopnje zasičenosti olja z vlago) integriran v blok skupaj s Contamination Sensor-jem CS 1000 (senzor onesnaženja)		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tlak na vhodu je zadosten za nastajanje diferencialnega tlaka (Δp) ▪ delovni tlak: do 40 bar ▪ povratek olja poteka direktno v rezervoar ali v vod za filtrom in hladilnikom, odvisno od diferencialnega tlaka (Δp) ▪ dušenje (možnega) previsokega pretoka skozi CM-FMB 	✓
3	Protipovratni ventil		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Protipovratni ventil (2-3 bar) prilagojen sistemu za doseganje zadovoljivega diferencialnega tlaka Δp skozi senzor ▪ delovni tlak: 15 – 40 bar ▪ priključitev senzorja z „Minimes“ DN4 (minimalno 630 mm na vhodu) 	✗
4	CSM 2000 in CSM 1000 ContaminationSensor Module (modulni senzor onesnaženja)		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tlak na vhodu ni zadosten za nastajanje diferencialnega tlaka (Δp) ▪ uporaba naprave CSM – ContaminationSensor Module 	✗
5	CM-FCV ConditioningModule Flow Control by Valve (modul za kondicioniranje s pretočnim ventilom)		<ul style="list-style-type: none"> ▪ prikllop preko tlačno kompenziranega pretočnega ventila ▪ uporaben za srednjetačne aplikacije v sistemih z zelo visoko stopnjo čistosti olja ▪ pri visokotlačnih aplikacijah je priporočena uporaba predfiltra 	✗
6	CM-RE ConditioningModule Reservoir Extraction (modul za kondicioniranje z možnostjo jemanja vzorcev iz rezervoarja, drenažnega voda...)		<ul style="list-style-type: none"> ▪ vhod v CS: enota EM-črpalka za jemanje vzorcev iz sistemov, ki niso pod tlakom (rezervoar, drenažni vod) ali pa je pod tlakom do max. 120bar ▪ vhodni tlak: -0.4 bar – 0.4 bar ali -0.4 bar – 120 bar ▪ viskoznost: 10 – 1000 mm²/s 	✓

*CONDITIONING MODULE CM (modul za kondicioniranje) je sestavljen iz naprave CS 1000 (senzor onesnaženja) in pripadajočega sklopa za regulacijo tlaka.

Različne kombinacije opreme so predstavljene v tabeli 2, in sicer:

- Oprema CM-O (točka 1) je sestavljena iz sensorja kontaminacije in ventilskega bloka, nameščenega za sensorjem. Ta nastavljivi ventil zagotavlja ohranitev diferencialnega tlaka in po potrebi regulira visok pretok fluida skozi modul.
- Pri sistemu CM-FMB (točka 2) je AquaSensor AS1000 integriran v blok, skupaj z napravo Contamination Sensor CS1000. Gre za bolj zahteven hidravlični blok z dvema ventiloma, ki omogočata regulacijo pretoka ali pa popolno prekinitev dotoka olja zaradi zamenjave merilne opreme, vgrajene v blok (CS1000 in AS1000).
- Najzahtevnejši različici možne vgrajene opreme sta CSM (točka 4) in CM-RE (točka 6), ki predstavljata celovita, avtonomna sistema z by-pasom za jemanje vzorcev, opremljena s črpalko, z regulacijskim ventilom in brez njega.
- Različica s protipovratnim ventilom (točka 3) je v celoti pogojena z vgradnjo protipovratnega ventila, oprema CM-FCV (točka 5) pa je namenjena sistemom, za katere je zahtevana visoka stopnja čistosti fluida.

3.4 Predlog različnih opcij oz. načinov vgradnje opreme

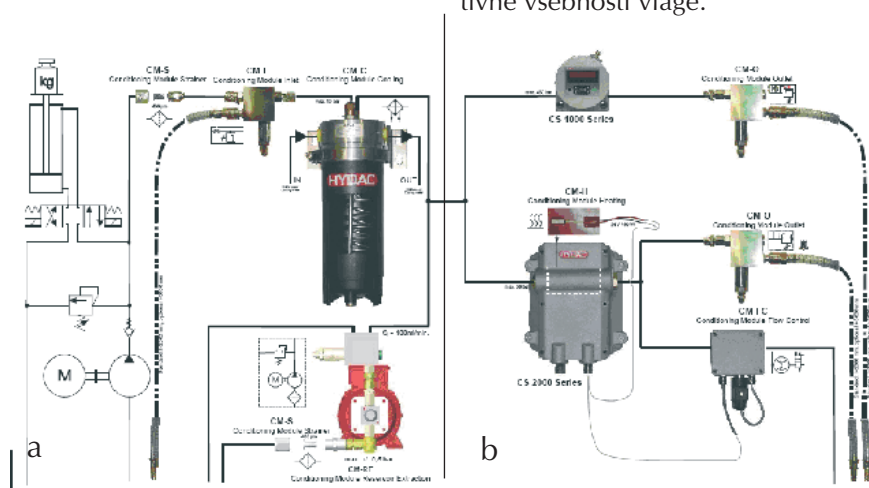
Investitorju so bile, upoštevajoč njegove zahteve in tehnične karakteristike opreme, priporočene naslednje rešitve:

1. Kot finančno najugodnejša je bila priporočena vgradnja naprave Contamination Sensor CS1000 z dodatno opremo CM-O (tabela 2 – točka 1). Takšen način vgradnje je bil večkrat preverjen v praksi. AquaSensor AS1000 naj bi bil vgrajen ločeno.

2. Kompletna rešitev v enem bloku – Modul CM – FMB (tabela 2 – točka 2) z integrirano napravo AquaSensor1000 in z ventili za nastavitev delovnega tlaka ter možnostjo izolacije

merilne opreme zaradi kalibracije ali zamenjave. Edino omejitve predstavljata maksimalni delovni tlak do 40 bar.

3. Modul CM-RE je namenjen vgradnji na mestih v sistemu, kjer ni tlaka ali pa je ta zelo stabilen in ne presega vrednosti 120 bar. Spremljanje kvalitete fluida je smiselno le v primeru, ko hidravlični sistem deluje oz. ko je pod tlakom, tako da ta rešitev ni optimalna glede na razmerje cene in pogojev vgradnje.



Slika 1. Primer načina vgradnje merilne opreme – univerzalna shema spajanja, a) – priključitev na hidravlični sistem, b) – merilno/kontrolni del

3.5 Odločitev investitorja

Upoštevajoč priporočila, podana v idejni rešitvi, se je investitor odločil za 2. različico opreme – Modul CM – FMB. Ta sicer finančno ni najbolj ugodna, je pa tehnično najbolj optimalna, ker predvideva eno mesto vzorčenja za oba sensorja. V tem primeru je „minimess“ priključek nameščen v povratnem vodu oljnega sistema, za hladilnikom.

Želja investitorja je bila, da v čim krajšem času opremi čim večje število merilnih mest. To je bil razlog za izbiro različice, za katero lahko priskrbi sredstva v kratkem času in hkrati zagotovi izpolnitev osnovnega cilja – stalen nadzor kvalitete fluida. Z uporabo analognega izhodnega signala 4-20 mA bo oprema integrirana v obstoječi sistem vodenja elektrarne.

4 Sklep

Razpoložljiva oprema za sprotno kontrolno spremljanje kvalitete hidravličnih fluidov daje investitorjem več možnosti izbire tako glede predvidenega finančnega obsega investicije kot tudi glede kvalitete podatkov, ki jih lahko takšna oprema zagotavlja. Za zanesljivo delovanje energetskega postrojenja zadostuje, da vgrajena oprema pravočasno opozori operaterja v primeru prekoračitve predprogramiranih mejnih vrednosti stopnje čistosti in relativne vsebnosti vlage.

Bolj kompleksne in nekaj dražje opcije omogočajo uporabo modula Ethernet, ki generira IP-naslov, tako da je spremljanje rezultatov merjenja kvalitete fluida možno tudi „na daljavo“ – preko interneta. Mogoča je tudi uporaba programskega paketa (CoCoS – Contamination Control Software), ki omogoča podrobno analizo stanja fluida – analize trenda, obdelavo in arhiviranje rezultatov.

Vsakakor lahko zaključimo, da je vsem opcijam opreme za sprotno kontrolno spremljanje kvalitete hidravličnih fluidov skupno to, da omogočajo preventivne ukrepe za preprečitev negativnih posledic povišanja vsebnosti trdnih delcev in vlage v hidravličnem fluidu oz. poslabšanja kvalitete fluida, posledično pa tudi poslabšanja stanja in razpoložljivosti hidravlične opreme.