

## Nova uloga komunikacionih opti kih kablova u vodoprivredi za detekciju mesta curenja vode na magistralnim cevovodima

RADOJICA M. GRAOVAC, Energoprojekt Entel a.d., Novi Beograd,  
DRAGOMIR V. MARKOVIĆ, Energoprojekt Entel a.d., Novi Beograd

Stručni rad  
UDC:621.643.2  
DOI:10.5937/tehnika1506073G

*Kod izgradnje magistralnih cevovoda je uobičajena praksa da se uz cevovod polaže i optički komunikacioni kabl. Ovaj kabl kao najsavremeniji komunikacioni medij služi kako za potrebe povezivanja upravljačkih SCADA uređaja vodovodnog sistema tako i za potrebe telefonskih komunikacija između vodoprivrednih objekata. Razvojem elektronskih uređaja poznatih kao DTS (Distribuirani Temperaturni Senzori) i DAS (Distribuirani Akustički Senzori) i uz upotrebu optičkih vlakana optički komunikacionog kabla kao senzora mogu se vršiti lociranje mesta curenja na magistralnom cevovodu kroz nadzor temperature ili nadzor akustičkih promena duž cevovoda (kao detekciju promene temperature zemljišta na mestu curenja ili detekciju akustičkih promena na mestu curenja).*

**Ključne reči:** magistralni cevovodi, DTS (Distribuirani Temperaturni Senzori), DAS (Distribuirani Akustički Senzori), optičko vlakno, optički komunikacioni kabl, detekcija curenja

### 1. UVOD

Pravovremeno otkrivanje potencijalnih mesta curenja na magistralnim cevovodima je od bitnog značaja kod upravljanja eksploatacijom vodovodnih sistema jer ovi kvarovi mogu značajno uticati na funkcionisanje sistema.

Za rano otkrivanje procurivanja odnosno gubitaka vode na cevovodima u primeni su tzv. pasivne metode, vizuelna kontrola, kao i aktivne metode koje uključuju koordinirane aktivnosti kojima se obuhvata kontrola/prateći pritiska vode, detekcija šumova na cevovodu sa logerima šuma i mikrofonima uz primenu raznih računarskih metoda za utvrđivanje mesta curenja na cevovodu.

Pored gore navedenih uređaja mogu se primeniti i optički komunikacioni kabli kao distribuirani senzori položeni uz cevovod, i uz primenu DTS/DAS uređaja postiže se detekcija mesta kvara odnosno mesta curenja vode jer se curenje manifestuje kroz promenu temperature (i pojavu šumova tj. akustičkih promena) na mestu curenja neposredno uz cevovod.

Posebna pogodnost primene optičkog kabla za detekciju curenja vode je ta što je za gornju primenu ne-

ophodan samo jedan par optičkih vlakana dok se ostala optička vlakna u optičkom komunikacionom kabl normalno koriste za potrebe upravljačkih tj. SCADA uređaja, telefonskih i ostalih komunikacija.

### 2. PRINCIP RADA DTS

Radove distribuiranih monitoring sistema sa optičkim kablom se zasniva na principu da optički kabl preuzima ulogu distribuiranog senzora temperature, akustičkog pritiska ili direktnog mehaničkog pritiska, a kao merni instrument se primenjuje OTDR (Optički Reflektometar) uređaj. Svetlosni izvor u OTDR-u emituje svetlost određene talasne dužine koja se ubacuje u optičko vlakno gde dolazi do interakcije sa silicijumskim jezgrom optičkog vlakna i na ukupnoj dužini vlakna dolazi do rasejanja, jedan deo svetlosti napušta vlakno a deo se vraća nazad. Ovako rasejana svetlost sadrži komponente, ili rasejanja: Ramanovo, Raylejevo i Brillouin-ovo rasejanje [3].

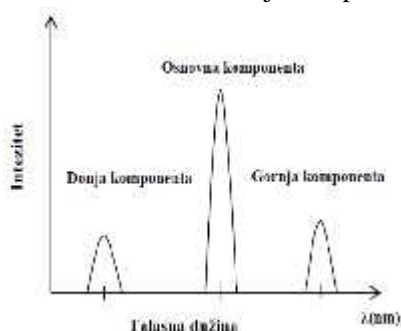
Opisan je DTS sistem koji radi na bazi praćenja temperature koji se zasniva na Ramanovom efektu rasejavanja svetlosti (Raman Scattering). Na slici 1 prikazane su komponente u spektru rasejane svetlosti. Ako inicijalni snop svetlosti naiđe na molekul u stanju oscilovanja [1], ulazni foton preuzima energiju od molekula pa dolazi do povećanja frekvencije svetlosti (smanjenja talasne dužine, prema klasičnom delu spektra), što na slici 1 odgovara komponenti niže talasne dužine (Antistokes line). Kada molekul nije u

Adresa autora: Radojica Graovac, Energoprojekt Entel, Beograd, Bulevar Mihajla Pupina 12

Rad primljen: 23.11.2015.

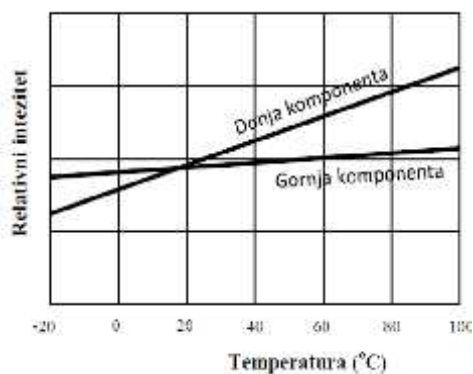
Rad prihvaćen: 27.11.2015.

stanju oscilovanja i ako nai e inicijalni snop svetlosti, on prima energiju od svetlosti, frekvencija svetlosti se smanjuje, a talasna dužina pove ava (prema crvenom delu spektra), što odgovara komponenti ve e talasne dužine na slici 1 (Stokes Line). Ove komponente se e sto nazivaju satelitima jer prate osnovnu komponentu. Intenzitet gornje komponente kod Ramanovog rasejanja je ve i od intenziteta donje komponente.



Slika 1 - Komponente u spektru rasejane svetlosti

Stanje u kome e se nalaziti molekuli vrstog tela direktno je zavisno od temperature tela. Ukoliko temperatura raste, raste broj pobu enih molekula i samim tim raste intenzitet komponente ve e frekvencije (manje talasne dužine) tj. donjeg satelita, što je pokazano na slici 2. Ja anje donje komponente sa porastom temperature predstavl a osnovu principa funkcionisanja sistema pra enja temperature primenom opti kog vlakna kao senzora.

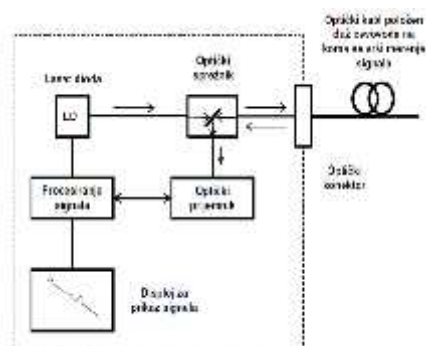


Slika 2 - Zavisnost inteziteta komponenti od temperature

U OTDR-u laser dioda kao svetlosni izvor emituje svetlost odre ene talasne dužine koja se preko opti kog sprežnika ubacuje u opti ko vlakno koje je temperaturno osetljivo i igra ulogu senzora temperature. Deo svetlosti uba en u vlakno rasejava se, jedan deo napusti vlakno a jedan deo se vra a i preko fotokaplera usmerava u sklop za obradu signala. Na osnovu reflektovanog signala, vrši se prora un raspodele temperature duž opti kog vlakna.

Ukoliko je došlo do procurivanja na cevovodu uz koji se nalazi opti ko vlakno kao senzor, dolazi do promene temperature okolnog zeml išta što dovodi do

toga da u reflektovanom signalu dolazi do promene intenziteta donje komponente na osnovu ega se u raspodeli temperature duž vlakna pojavl uje impuls pomo u koga se precizno utvr uje mesto na kome je došlo do problema, jer je kašnjenje reflektovanog talasa srazmerno udal enosti mesta promene temperature.

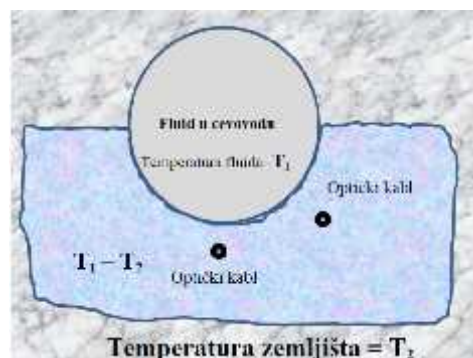


Slika 3 - Princip rada OTDR-a

Kod DAS sistema se koriste principi drugih rasejanja svetlosti i druge vrste OTDR-a, fazno osetljivi OTDR ili  $\phi$  - OTDR koji je podvrsta koherentnog OTDR-a a koji koristi kratke impulse svetla te se preciznije utvr uje mesto na kome je došlo do promene akusti kog pritiska.

### 3. OPTI KI KABL KAO SENZOR

Uobi ajeni metod instalacije podzemnog opti kog kabla, kao prenosnog medija za komunikacije i prenos podataka za vodoprivredu, podrazumeva polaganje nemetalnog opti kog kabla metodom uduvavanja u polietilensku cev koja je položena na istoj trasi odnosno nalazi se u istom rovu uz magistralni cevovod. Da bi se postigao bol i "kontakt" opti kog kabla sa okolnim zeml ištem u smislu bol e detekcije promene temperature odnosno prijema šuma preporu uje se primena polietilenske cevi pre nika 32 mm što je naj eš a praksa kod primene opti kog kabla kao senzora za pra enje podužne temperature i akusti kog pritiska uz magistralni cevovod [1], [2]. Na slici 4 je prikazan uobi ajeni položaj ove cevi odnosno opti kog kabla u zajedni kom rovu sa magistralnim cevovodom.



Slika 4 - Položaj opti kog kabla u odnosu na cevovod

#### 4. KARAKTERISTIKE DTS/DAS URE AJA

Većina proizvođača DTS/DAS uređaja [4], koji rade na gornjim principima, navode sledeće osnovne performanse za ove uređaje:

- Mogućnost integracije u Geografski informacijski sistem (GIS) uz mapiranje terena gde je položen cevovod sa indikacijom mesta curenja.
- Trenutna detekcija temperaturnih (ili akustičkih) promena u blizini cevovoda pojedinačne dužine deonice cevovoda do 50 km. U slučaju kada je deonica cevovoda duža od 50 km primenjuje se više i broj DTS/DAS uređaja.
- Očekivana rezolucija mesta detekcije je 1 m za dužinu cevovoda do 15 km i 5 m za dužinu cevovoda do 50 km.
- Minimalno rastojanje za prepoznavanje slika događaja je  $\pm 2$  m.
- Uređaji su opremljeni sa odgovarajućim softverom za obradu i prikaz "on line" situacije u pogledu curenja vode na trasi cevovoda.
- Uređaji se opremaju sistemom neprekidnog električnog napajanja.



Slika 5 – LED monitori radne stanice za praćenje rada DTS (DAS) sistema

Uz DTS/DAS uređaje se planira i radna stanica za analizu i prikaz detektovanog signala kao prikaz procesiranja na OTDR-u, kao i za geografski prikaz, uobičajeno se koriste 21-inčni LED monitori kao što je pokazano na slici 5. Postoji i varijanta smeštaja radne stanice u okviru ormara gde se ujedno smeštaju cen-

tralni uređaji DTS/DAS i radna stanica. Pristup centralnom uređaju odnosno monitoring može biti i sa udaljenog mesta.

#### 5. ZAKLJUČAK

Postoje mnogobrojna iskustva u instalaciji i radu DTS/DAS uređaja [4] kod vodoprivrednih kompanija u zemljama zapadne Evrope i Sjedinjenim Američkim Državama s tim da su cene ovih uređaja još relativno visoke. Svakako kao prvi stepen opredeljenja za primenu DTS/DAS uređaja potrebno je planirati polaganje optičkog komunikacionog kabla uz svaki novo planirani cevovod. U optičkom komunikacionom kablju potrebno je da se planira i određen broj vlakana (4 vlakna – dva radna i dva kao rezerva) za potrebe rada DTS/DAS opreme. Kasnije, može se doneti i odluka o nabavci i ugradnji DTS/DAS opreme. Svakako, i na postojećim komunikacionim optičkim kablovima koji su položeni uz cevovod može se primeniti DTS/DAS oprema ukoliko u samom kablju postoje slobodna optička vlakna.

#### NAPOMENA

Rad je prezentovan na 36. Međunarodnom stručno-naučnom skupu "Vodovod i kanalizacija '15", održanom u Vršcu od 13-16. oktobra 2015. godine u organizaciji Saveza inženjera i tehničara Srbije.

#### LITERATURA

- [1] R. Raković, R. Graovac: Primena optičkih vlakana za praćenje temperature duž elektroenergetskih vodova principi, iskustva i trendovi (Savetovanje Cigre Srbija, 2009, rad R D2 02).
- [2] R. Graovac, M. Stefanović, Glušac, D. Marković: "Dodatna uloga komunikacionih optičkih kablova u zaštiti infrastrukturne imovine - Primena za elektroprivredu i železnice" (Savetovanje Cigre Srbija, 2014, rad R D2 01).
- [3] J. Frings and T. Walk, Distributed Fiber Optic Sensing Enhances Pipeline Safety and Security, Hamburg, Germany, 2011.
- [4] Tehnička dokumentacija proizvođača DTS/DAS uređaja

## SUMMARY

### NEW ROLE FOR COMMUNICATION FIBRE OPTIC CABLES IN WATER UTILITY FOR LEAK DETECTION ON MAIN WATER PIPELINE

*During construction of main water pipeline it is usual practice to lay fibre optic communication cable along water pipe. This cable is one of the up to date communication media which is used for the connection purposes of water control SCADA equipment as well as for establishing of telephone communication between water utility plants. By developing of new electronic equipment known as DTS (Distributed Temperature Sensing) and DAS (Distributed Acoustic Sensing) equipment it has been opened the possibility, with this equipment and by utilizing of dedicated optical fibres of optical fibre communication cable as a sensor, to detect leakage point by temperature monitoring or monitoring of acoustic changes along water pipeline (as detection of temperature change of soil at leakage point or detection of acoustic change at leakage point).*

**Key words:** *Main Water Pipeline, DTS (Distributed Temperature Sensing), DAS (Distributed Acoustic Sensing), optical fibre, fibre optic communication cable, leakage detection.*