

# **ZBORNIK APSTRAKATA**

**12. Simpozijum termičara SCG  
SOKOBANJA, 18-19.10.2005.**

Društvo termičara SCG  
Mašinski fakultet Niš

**SADRŽAJ:****Naučni odbor:**

dr Simeon Oka  
dr Dimitrije Voronjec  
dr Milan Radovanović  
dr Predrag Stefanović  
dr Dragoslava Stojiljković  
dr Goran Jankes  
dr Zoran Boričić  
dr Nenad Radojković  
dr Slobodan Laković  
dr Gradimir Ilić  
dr Bratislav Blagojević  
dr Dragoljub Živković  
dr Ljubica Čojobašić

**Počasni odbor:**

dr Aleksandar Popović  
dr Radomir Naumov  
dr Aleksandar Sedmak  
Aleksandar Vlajčić  
dr Vladan Karamarković  
dr Milun Babić  
dr Miodrag Mesarović  
dr Dušan Gvozdenac

**Organizacioni odbor:**

dr Mladen Stojiljković  
dr Branislav Stojanović  
dr Mića Vukić  
mr Dejan Mitrović  
mr Goran Vučković  
mr Jelena Janevski  
mr Gordana Stefanović  
mr Mirjana Laković  
Predrag Živković  
Mirko Stojiljković

**Predsednik organizacionog odbora**

dr Mladen Stojiljković

**ISBN 86-80587-51-6**

**Sesija I****TEHNOLOGIJE I POSTROJENJA**

1

**Sesija II****PROSTIRANJE TOPLOTE I MATERIJE. SAGOREVANJE**

25

**Sesija III****ENERGETSKA EPIKASNOST**

34

**Sesija IV****NOVI I OBNOVLJIVI IZVORI**

50

**Sesija V****MATEMATIČKO MODELIRANJE I NUMERIČKE SIMULACIJE**

68

**Sesija VI****ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE**

88

**NAKNADNO PRISTIGLI RADOVI**

97

**SPONZORI****Izdavač:**

Mašinski fakultet Niš



**12. SIMPOZIJUM TERMIČARA**  
18–21. oktobar 2005, Sokobanja

DRUŠTVO TERMIČARA SCG

MAŠINSKI FAKULTET NIŠ



**METODI DIJAGNOSTIKOVANJA ODVAJAČA KONDENZATA**  
**STEAM TRAP DIAGNOSTIC METHODS**

Dušan Gordić, Milun Babić, Nebojša Jovičić, Vanja Šušteršić, Dubravka Jelić

*Mašinski fakultet Kragujevac, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac*

The authors of the paper had intention to emphasize the importance of steam trap testing in order to eliminate irregular working conditions and redundant energy waste. Experience told us that this problem is underestimated in our industry. In this paper classification of steam traps was presented, as well as causes of their failure. Critical analysis of methods for steam trap testing and recommended testing intervals were also shown.

**Key words:** steam systems, steam traps, testing and maintenance

*E mail: [gordic@knez.uib.ac.yu](mailto:gordic@knez.uib.ac.yu)*

# METODI DIJAGNOSTIKOVANJA ODVAJAČA KONDENZATA

## STEAM TRAP DIAGNOSTIC METHODS

Dušan Gordić, Milun Babić, Nebojša Jovičić, Vanja Šušteršić, Dubravka Jelić

*Mašinski fakultet Kragujevac, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac*

**Abstract:** The authors of the paper had intention to emphasize the importance of steam trap testing in order to eliminate irregular working conditions and redundant energy waste. Experience told us that this problem is underestimated in our industry. In this paper classification of steam traps was presented, as well as causes of their failure. Critical analysis of methods for steam trap testing and recommended testing intervals were also shown.

**Key words:** steam systems, steam traps, testing and maintenance

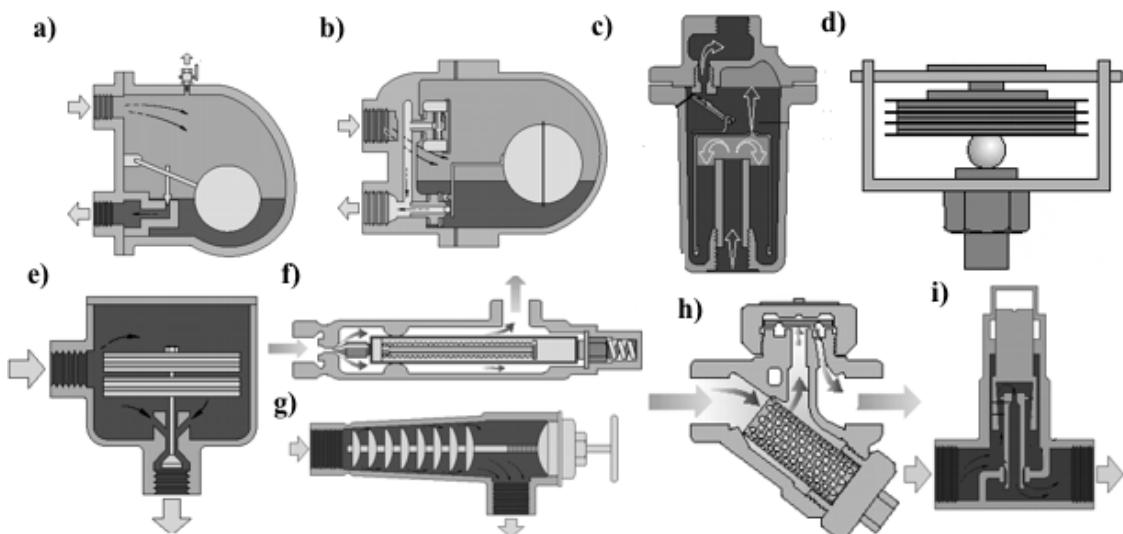
### 1. UVOD

Odvajači kondenzata su automatski ventili koji se koriste u svakom sistemu distribucije pare sa zadatkom da uklone kondenzat (kondenzovanu vodenu paru) iz sistema (opreme koja koristi paru ili parovoda), pri čemu minimiziraju prolazak pare kroz svoje protočne površine. Oni takođe imaju zadatak da iz prostora vodene pare eliminišu vazduh i ostale gasove koji ne kondenzuju. Kondenzat koji se zadržava u prostoru vodene pare, smanjuje protočni kapacitet parovoda i termički kapacitet opreme koja koristi paru. Pored toga, višak kondenzata može da izazove hidraulični udar sa potencijalnim destruktivnim i opasnim rezultatima. Vazduh koji se zadržava posle puštanja u rad (startovanja) sistema snižava pritisak i temperaturu pare, i tako redukuje termički kapacitet opreme koja koristi paru. Gasovi koji ne kondenzuju, kao što su kiseonik i ugljen dioksid, izazivaju koroziju.

Prema načinu funkcionisanja, odvajači kondenzata se klasifikuju na [1-3]:

- mehaničke (sa plovkom, sa plovkom i termokapsulom, sa zvonom), čiji je princip rada zasnovan na razlici gustine između pare i kondenzata,
- termostatičke (sa mehom (termokapsulom), bimetalne i sa širenjem tečnosti), koji reaguju na razliku u temperaturi između pare i kondenzata,
- termodinamičke ili kinetičke (sa pločicom, impulsni, labirintni, i, eventualno, blende), čiji se princip rada zasniva na razlici u karakteristikama strujanja pare i kondenzata.

Odvajači kondenzata, bez obzira na tip, treba da budu pažljivo izabrani i dimenzionisani za odgovarajuću primenu i količinu kondenzata sa kojim treba da operišu. Ne postoji tip odvajača kondenzata koji je idealan za sve primene; većina sistema zahteva više od jednog tipa odvajača.. Ugradnja manjeg odvajača nego što je optimalno ima za posledicu neželjno nagomilavanje kondenzata u parnom prostoru, a u slučaju otkaza predimenzionisanog odvajača kondenzata može se gubiti prevelika količina pare.



Slika 1 Najčešće korišćeni odvajači kondenzata: a) sa plovkom, b) sa plovkom i termokapsulom, c) sa zvonom, d) sa termokapsulom (mehom), e) sa bimetalnim pločicama, f) sa širenjem tečnosti, g) labirintni, h) sa pločicom (diskom), i) impulsni

### 3. DIJAGNOSTIKA STANJA ODVAJAČA KONDENZATA

Ma koliko visoko efikasan sistem distribucije i korišćenja pare bio, ukoliko se ne vodi računa o pravilnom funkcionisanju odvajača kondenzata konačan rezultat, u smislu ostvarenog kvaliteta procesnih parametara i količine potrošene pare, neće biti zadovoljavajući. Proverom (dijagnostikom) stanja odvajača kondenzata treba da se da utvrdi: 1) da li je odvajač ispravan ili ne? i 2) ukoliko je neispravan, da li otkazao u otvorenom ili zatvorenom položaju?

Neispravni odvajači kod kojih je prigušni otvor otvoren, propuštaju paru i bespotrebno troše energiju, a u slučaju da se kondenzat ne vraća, gubi se i topla voda. Ukoliko je odvajač instaliran iza energetskog potrošača, neispravni odvajač sa zatvorenim prigušnim otvorom, sprečava normalno funkcionisanje potrošača. Ako se radi o odvajaču na parovodu, kondenzat se akumulira u cevima, što može da izazove hidraulični udar.

Najčešći uzroci nastanka otkaza odvajača kondenzata su [1]:

- habanje zaptivnih površina zbog cikličnih operacija i zbog abrazije nastale usled dejstva pare, vode i čvrstih uključaka,
- ograničeno kretanje njegovih pokretnih delova, kao posledica korozije i nasлага,
- nemogućnost potpunog zatvaranja zbog prljavštine i korozivnih luski koje se zaglavljaju između sedišta i pokretnog dela odvajača,
- odstupanje od paralelnosti zaptivnih površina, koje nastaje zbog hidrauličnog udara, smrzavanja, ili neispravne instalacije ili zamene delova,
- lom ili deformacija plovka ili termokapsule nastali usled smrzavanja, hidrauličnog udara ili korozije,
- gubitak zaptivanja vodom kod odvajača sa zvonom koje izaziva potpuno otvaranje,
- nedovoljno zaptivanje vodom na ulazu odvajača sa pločicom što izaziva njegovo klaparanje.

Indikacije nastanka moguće neispravnosti odvajača kondenzata su: preveliko zagrevanje kotla, ispuštanje pare kroz odušak, brži otkaz zaptivača kod pumpe za potiskivanje kondenzata, pregrevanje ili nedovoljno zagrevanje prostora koji se kondicionira, teško održavanje radnog pritiska u kotlu, teško održavanje željenog pritiska u vodovima povratka kondenzata, hidraulični udar u parovodima, para u vodu povratka kondenzata, previšoki

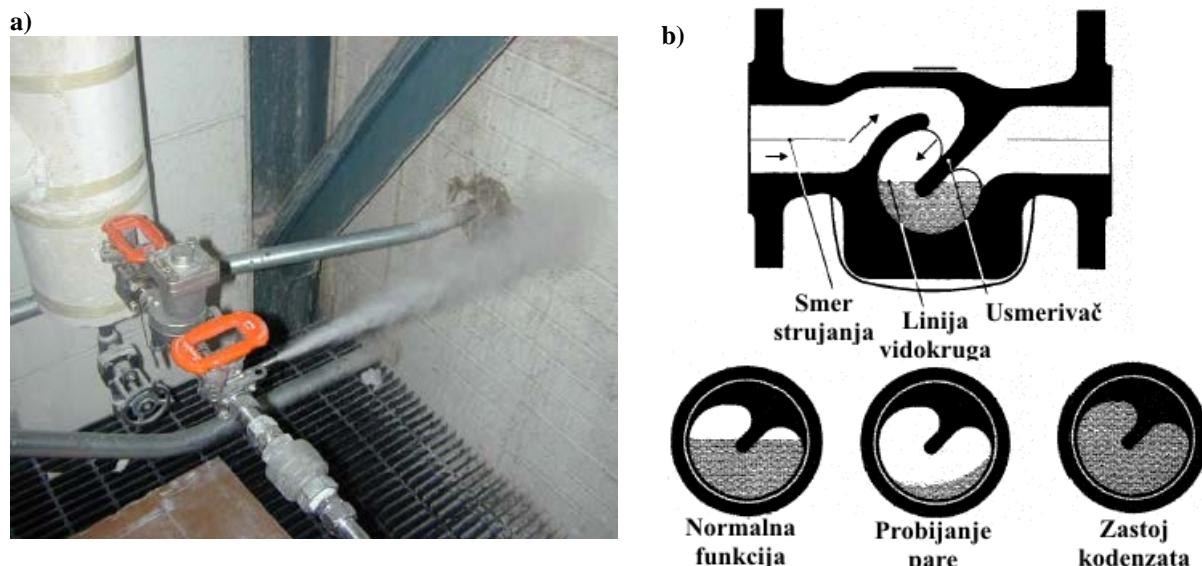
računi za utrošenu energiju, temperatura u ulaznom i izlaznom vodu odvajača približno iste temperature, upotreba by-pass voda da bi se ostvarili zahtevani radni parametri u sistemu.

Glavni problem oduvek je bio pravilna identifikacija neispravnih odvajača. Pogrešna dijagnostika može da izazove zadržavanje neispravnih odvajača i zamenu potpuno ispravnih, i s toga je pravilna dijagnostika vrlo važna za bilo koji program održavanja [4].

#### 4. METODI DIJAGNOSTIKOVANJA STANJA ODVAJAČA KONDENZATA

Postoji više metoda za dijagnostiku stanja odvajača kondenzata, ali ni jedan nije potpuno pouzdan. U osnovi, postoje četiri metoda procene stanja odvajača kondenzata: vizuelni, zvučni (ultrazvučni), temperaturni i metod baziran na elektro-provodljivosti.

Vizuelni metod je uglavnom baziran na posmatranju fluida nizvodno od odvajača. On se može koristi u slučaju da je iza odvajača ugrađen tzv. "test ventil" koji omogućava privremeno pražnjenje kondenznog voda u atmosferu (slika 2 a) [3]. Ovi ventili su pogodni za primenu kod odvajača koji se naizmenično otvaraju i zatvaraju, kao što su odvajači sa zvonom i termodinamički sa diskom. Procenjivač stanja odvajača mora da razlikuje otparnu paru, koja se javlja kod ispravanog odvajača, od žive pare, koja se javlja kod neispravanog.



Slika 2 Vizuelni metod a) "test ventil", b) pokazno staklo

Pokazna stakla (tzv. "varoskopi"), koja se ugrađuju u cevovod ispred ili iza odvajača, takođe se mogu koristiti za vizuelnu opservaciju, ali je problem što se ova stakla relativno brzo habaju, pa se otežava vizuelna inspekcija (slika 2 b).

Pokretni mehanizam koji skoro svaki tip odvajača kondenzata ima i strujanje pare i kondenzata kroz njegove protočne površine, generiše zvučne i ultrazvučne talase. Svaki tip odvajača karakteriše specifičan zvuk, koji ukazuje da li on dobro funkcioniše. Na primer, većina odvajača "škljoca" kada im je zatvoren prigušni otvor. Karakteristično klepetanje odvajača sa zvonom ukazuje da je pokvaren u otvorenom položaju. Cikličan rad u kratkim intervalima termodinamičkih odvajača sa pločicom ukazuje na preveliko curenje, itd. Korišćenjem relativno jeftinih stetoskopa, kakve koriste automehaničari, mogu se registrovati zvuci koji se javljaju pri otvaranju i zatvaranju prigušnih otvora odvajača. Zvučni talas se može registrovati i držanjem vrha "šrafceriga" na odvajaču i prislanjanjem njegove ručke na jagodičnu kost. Pojedine specijalne vrste stetoskopa pojačavaju registrovane zvučne talase i mogu da izdvoje određeni frekventni opseg zvuka. Problem pri upotrebi ovog metoda može da bude pozadinska buka, koja se obično javlja u industrijskim postrojenjima.

Para koja curi kroz uske prolaze, koji nastaju usled habanja ili pogrešnog uklapanja sedišta i zatvaračkog elementa odvajača, emituje ultrazvuk relativno velike jačine i zvuk zanemarljive jačine. Stoga je detekcija ultrazvuka značajna dijagnostička metoda. U tu svrhu

a)



b)



Slika 3 Ultrazvučni testeri sa a) zvučnim izlazom, b) indikatorom

dobro funkcioniše kod odvajača koji periodično puštaju kondenzat, kao što su termodinamički sa pločicom i odvajači sa zvonom. Kada se testiraju ostali tipovi kao što su odvajači sa plovkom i tremostatički koji kontinualno propuštaju kondenzat, ocenjivač stanja odvajača mora da otvorи ispunjen filter na hvataču nečistoća i preusmeri kondenzat sa ulaza u odvajač, tako da u odvajač dođe samo para. U tom slučaju, ispravan odvajač se potpuno zatvara. Za primenu ovog metoda potreban je obučen i iskustan ocenjivač. Ultrazvučni uređaj mora da bude kalibriran tako da eliminiše buku od okolnih odvajača i cevovoda.

Temperaturni metod testiranja odvajača podrazumeva merenje temperature na ili blizu ulaza i izlaza odvajača. Generalno posmatrajući, merenje temperature je najmanje pouzdano od svih pomenutih tehnika, jer zasićena para i kondenzat egzistiraju na istoj temperaturi, pa je stoga nemoguće napraviti razliku između ova dva stanja, na bazi merenja samo temperature. Da bi se izvukli korektni zaključci primenom ovog metoda, potrebno je poznavati i pritisak u vodu neposredno ispred ili iza odvajača.

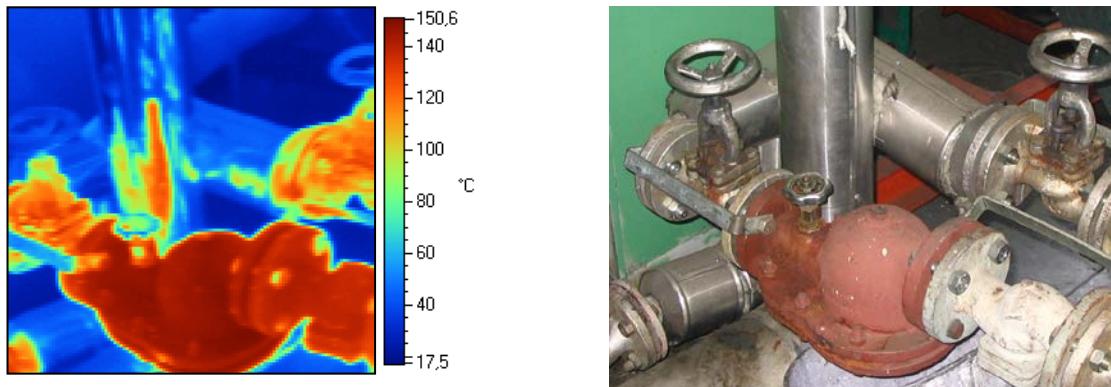
Često se pogrešno smatra da je kondenzat koji izlazi iz odvajača, hladniji od pare koja curi iz njega. Prenebregava se činjenica da temperatura na izlazu iz odvajača zavisi samo od pritiska u kondenznom vodu. Naime, kada para curi u kondenzni vod, njen pritisak trenutno pada na pritisak u kondenznom vodu i temperatura se menja na odgovarajuću temperaturu zasićenja. Sa druge strane, kada kroz odvajač prolazi kondenzat, u kondenznom vodu dolazi do otparanja kondenzata na istoj temperaturi. Tako, na primer, ako je pritisak u kondenznom vodu atmosferski, temperatura na izlazu iz odvajača uvek će biti 100 °C, bez obzira da li odvajač pravilno funkcioniše ili ne. Zanemarujući navedeno, pojedini smatraju da ako je temperatura u kondenznom vodu preko 100 °C odvajač pušta paru, ne analizirajući koliki je pritisak u kondenznom vodu neposredno iza odvajača.

I pored pomenutog, temperaturna merenja daju važne informacije o stanju odvajača. Ukoliko je temperatura odvajača značajno niža od očekivane temperature zasićene pare, odvajač je ispunjen kondenzatom ili je ventilima izolovan iz sistema. Ako izuzmemmo režime startovanja, kada možemo da očekujemo ovu pojavu, "potopljen" odvajač ukazuje na neki problem: 1) ugrađen manji odvajač kondenzata nego što bi trebalo, 2) preveliki otpori u kondenznom vodu, 3) odvajač neispravan u zatvorenom položaju. Pri ovakvoj analizi treba biti obazriv u slučaju da se radi o termostatičkom odvajaču koji može da bude ugrađen tako da pothlađuje kondenzat, ali je obično temperatura pothlađivanja kondenzata samo nekoliko stepeni niža od temperature pare. Merenje temperature nizvodno od odvajača, takođe može da pruži korisne informacije u određenim slučajevima. Na primer, temperatura nizvodno od odvajača trebalo bi da opada relativno brzo ako se radi o ispravnom odvajaču. Sa druge

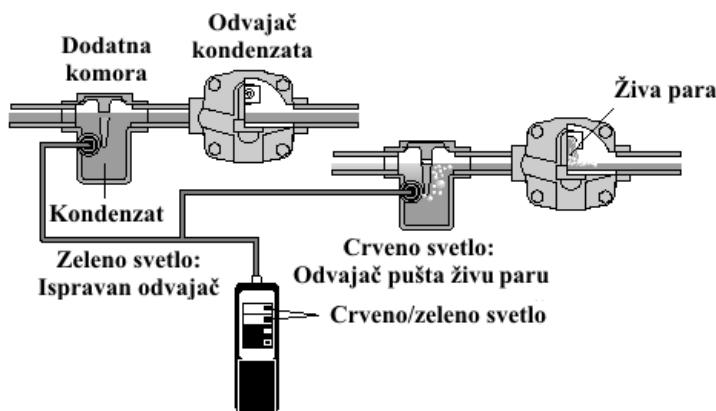
se koriste ultrazvučni testeri ("stetoskopi") (slika 3), uređaji koji pretvaraju ove talase u zvučne ili neki drugi oblik izlaza. Naj sofisticiraniji uređaji automatski porede izmeneni zvuk sa očekivanim zvucima koji se javljaju kod ispravnih i neispravnih odvajača i procenjuju njihovo stanje. Ovaj način testiranja

strane, temperatura nizvodno od odvajača biće približno konstantna, ako značajna količina pare prolazi kroz odvajač. U slučaju da drugi odvajači mogu da utiču na stanje nizvodno od posmatranog odvajača, potrebno je obratiti pažnju pri izvođenju zaključaka na osnovu ovakvih temperaturnih merenja.

Za merenje temperature mogu se koristiti različite kontaktne (termometri, termoparovi, temperaturno osetljive boje) i beskontaktne metode (naročito je pogodno koristiti infracrvenu termovizijsku kameru, čijom se primenom može dobiti termalna slika površine odvajača i njegove okoline (slika 4)).



*Slika 4 Korišćenje IC kamere za testiranje odvajača kondenzata u „Zastava automobili“*



*Slika 5 Metod zasnovan na elektro-provodljivosti*

kondenzata ispušta velike količine pare, para će ukloniti kondenzat sa vrha merne sonde i provodljivost koja odgovara pari biće izmerena. Da bi se pravilno dijagnostikovalo stanje odvajača, potrebno je meriti i temperaturu. Na primer, indikacija prisustva pare na vrhu merne sonde koja dovodi do zaključka da je odvajač u neispravnom otvorenom položaju, može da se pojavi ako odvajač nije duže korišćen, pa je s tog pun vazduha. Provodljivost vazduha je slična provodljivosti pare, ali je temperatura odvajača koji je ispunjen vazduhom bliska ambijentalnoj temperaturi. Slično tome, prisustvo kondenzata može da znači da odvajač pravilno funkcioniše, ali može da znači i sledeće: 1) odvajač je potopljen, zato što je neispravan u zatvorenom položaju ili zato što nešto drugo blokira odvod, 2) izabran je nedovoljno veliki odvajač kondenzata, 3) oprema (aparati) koji koriste paru se u kratkom vremenskom intervalu zagreva do normalne radne temperature, što generiše izuzetno velike količine kondenzata. Ovi neredovni radni uslovi mogu da se detektuju merenjem niske temperature odvajača uz prisustvo kondenzata.

Pored svih pobrojanih metoda potrebno je proveriti u kakvom su stanju by-pass ventili, koji se obično ugrađuju oko odvajača kondenzata. Često se mogu naći postrojenja u kojima su

Najnoviji metod za proveru odvajača kondenzata zasniva se na razlici između električne provodljivosti pare i tople vode (kondenzata). Da bi se koristio ovaj metod, sonda za merenje provodljivosti ugrađuje se u odvajač kondenzata ili u pomoćnu komoru koja se ugrađuje u sistem ispred odvajača (slika 5). Kada odvajač normalno funkcioniše, kondenzat protiče preko vrha sonde. U slučaju da odvajač

ovi ventili otvoreni, što ne omogućava korektnu dijagnostiku odvajača, ali može da ukaže na probleme u njihovom funkcionisanju (slika 4). Pred toga, oni su i značajan izvor gubitaka pare i energije. Pojedine osobe koje rukuju i održavaju sistemima za distribuciju i korišćenje pare, koriste ove ventile za odvazdušenje pri startovanju. To je pogrešna navika, jer se često dešava da ovi ventili ostanu otvoreni za vreme normalnog rada, a i ventil koji se često otvara i zatvara, vrlo brzo postane propustan u zatvorenom položaju. Odvajači kondenzata su uređaji koji automatski rade i u slučaju da su pravilno izabrani i dimenzionisani, nije potrebno aktiviranje by-pass ventila za propuštanje kondenzata ili vazduha.

#### **4. INTERVAL DIJAGNOSTIKOVANJA STANJA ODVAJAČA KONDENZATA**

Primena programa proaktivnog održavanja odvajača kondenzata, koji je baziran na redovnim proverama njihovog stanja, umesto samo na njihovoj zameni kada otkazu, sprečava stvaranje neadekvatnih radnih uslova i može značajno da smanji utrošak energije. Interval uzastopnih test merenja zavisi od više faktora:

- 1) tipa instaliranih odvajača (mehanički odvajači su najpouzdaniji i uz redovan servis mogu da rade i po nekoliko godina bez stvaranja problema. Termodinamički sa diskom se smatraju najmanje pouzdanim i počinju da propuštaju paru već posle nekoliko meseci),
- 2) broja odvajača u sistemu (što je veći broj odvajača u sistemu, veća je verovatnoća da ima neispravnih odvajač koji puštaju paru),
- 3) kapaciteta odvajača (pošto odvajači većeg kapaciteta, koji zavisi od dimenzija prigušnog otvora i razlike pritisaka pod kojim odvajač funkcioniše, gube više energije od odvajača manjeg kapaciteta u slučaju otkaza sa curenjem pare, uputno je testirati ih češće),
- 4) dostupnosti ljudstva (treba napraviti analizu troškova pare i troška radne snage. Nema razloga ne proveravati odvajače svakodnevno, ako operateri imaju slobodnog vremena),
- 5) mogućnost pristupa odvajaču (jedan je od glavnih faktora koji utiče na trošak rada procenjivača. Ukoliko se nalazi na nepristupačnoj lokaciji, treba razmotriti premeštanje),
- 6) pritiska u sistemu (pošto curenje pare kroz odvajač direktno zavisi od njenog pritiska u sistemu, odvajače u sistemu sa višim pritiskom pare treba češće proveravati. Ukoliko se radi o visoko pritisnom sistemu (pritisak na meraču preko 10 bar) testiranja treba obavljati nedeljno/mesečno, srednje pritisnom (od 2 do 10 bar) - mesečno/kvartalno i nisko pritisnom (ispod 2 bar) - godišnje).

#### **5. ZAKLJUČAK**

U svakom sistemu distribucije i korišćenja pare, bez obzira koliko operateri bili posvećeni njegovom pravilnom funkcionisanju, mogu da se sadrže neispravni odvajači kondenzata. Dijagnostika njihovog stanja ne štedi direktno energiju, ali može da otkrije neispravne odvajače i da li su njihove protočne površine otvorene ili zatvorene. Rezultati nekoliko programa koji se odnose na odvajače kondenzata [1], [3], ukazuju da neispravni odvajači kod kojih se ne sprovodi program proaktivnog održavanja, gube oko 20 % pare koja izlazi iz kotla. Isti izvori navode da se primenom ovakvog programa pomenuti gubici mogu redukovati, u proseku, na oko 6 % i da se ovakvi programi isplaćuju za oko 6 meseci.

#### **REFERENCE**

- [1] Wulfinghoff, D. R.: Energy Efficiency Manual, Energy In. Press, Wheaton, USA, 1999.
- [2] Steam Trap Performance Assessment, DOE/EE-0193, U.S. Dep. of Energy, 1999, USA
- [3] Spirax Sarco, Inc; Design of Fluid Systems, Blythewood, SC, USA, 2000.
- [4] Sahoo, T.: Steam Trap Troubles?, CEP magazine, February 2005, pp. 33-38.