

# PRIMJENA VIZUALIZACIJE PROCESA U DIJAGNOSTICI KVAROVA

## APPLICATION OF PROCESS VISUALIZATION TO FAILURE DIAGNOSTICS

*Josip Srpak*

Stručni članak

**Sažetak:** Ovaj rad prikazuje mogućnosti korištenja vizualizacije tehnoloških procesa kao pomoći u dijagnosticiranju kvarova, odnosno dotrajalosti pojedinih komponenti sustava. Također je na konkretnom ostvarenom primjeru iz prakse prikazana mogućnost korištenja prikaza podataka vizualizacijom na operatorskom panelu koje automatika prikuplja pomoću programabilnog logičkog kontrolera (PLC-a) u svrhu planiranja preventivnog održavanja.

**Ključne riječi:** dijagnostika kvarova, PLC, preventivno održavanje, vizualizacija procesa

Professional paper

**Abstract:** This paper gives an overview of usage possibilities of the visualization of technological process as an aid in failure diagnostics, or in deterioration of system components respectively. Moreover, the possibility to use data displayed on an operation panel collected by a programmable logical controller (PLC) for planning the preventive maintenance actions is presented by a specific example realized in practice.

**Key words:** Process visualization, PLC, preventive maintenance, failure diagnostics

### 1. UVOD – POJAM DIJAGNOSTIKE

Pojam dijagnostike ili analize kvarova se definira kao proučavanje sustava međusobno povezanih uređaja koji su projektirani da zajednički obavljaju određene funkcije, te kao zaključivanje o mogućim greškama na temelju mjerenja i promatranja. Detekcijom neispravnosti ili poremećaja u radu pojedine komponente sustava mogu se planirati potrebne mjere preventivnog održavanja ili predvidjeti vjerojatnost pojave kvara.

### 2. MOGUĆNOSTI DETEKCIJE ISPRAVNOSTI ELEMENATA POSTROJENJA SENZORIMA

Veća efikasnost rada nekog postrojenja, uz kraća vremena zastoja, može se postići ako se smetnje „predvide“ prije nego što su nastale. Postrojenje koje je opremljeno adekvatnim senzorima, spojenim na upravljačku automatiku, kontinuirano šalje podatke o stanju pojedinih dijelova opreme. Primljeni podaci se mogu koristiti za vođenje procesa, ali i u dijagnostičke svrhe.

#### 2.1. Mjerenje temperature

U mnogim postrojenjima se susreće mjerenje temperature različitim vrstama senzora. Ovisno o potrebama radnog procesa i zahtjevima načina regulacije, ugrađuje se odgovarajući tip senzora koji može dati rezultat u obliku digitalnog ili analognog signala.

Digitalni signal kao rezultat mjerenja znači da je izmjerena temperatura veća ili manja od prethodno podešene vrijednosti, i koristi se za uključenje/isključenje izvršnog elementa koji utječe na promjenu temperature. To su najčešće različite vrste grijača, ventilatora, rashladnih uređaja itd. Ako je senzor temperature podešen na minimalnu (maksimalnu) vrijednost koja u normalnom pogonu ne bi trebala biti dosegnuta, onda je njegova uloga isključivo dojava, odnosno upozorenje osoblju zaduženom za praćenje rada pogona ili njegovo održavanje. Pri tome je uz dojavu moguće podesiti i automatsko aktiviranje sigurnosnih elemenata kao što su isključenje dovoda toplog medija, uključenje ventilacije na maksimalnu vrijednost, isključenje grijača, otvaranje vrata itd.

Ako je ugrađen senzor temperature koji kao rezultat mjerenja daje kontinuirani podatak u standardnom obliku (npr. 0 – 5(10) V, 4 – 20 mA), taj podatak se može samo prikazivati na odgovarajućem pokaznom instrumentu, ili se može spojiti npr. na analogni ulaz upravljačkog računala (PLC-a) i koristiti za regulaciju te za alarmiranje kod dostizanja odgovarajućih iznosa. Npr., kod temperature prostorije od 30°C treba uključiti ventilator za hlađenje u prvu brzinu. Ako temperatura raste do 35°C uključiti drugu brzinu, a ako dostigne i 40°C upozoriti alarmnim uređajima osoblje koje boravi u prostoriji da poduzme dodatne akcije kako bi se temperatura snizila (otvoriti vrata, isključiti izvor topline ili sl.).

Osoblje koje je zaduženo za održavanje postrojenja opisana situacija u postrojenju može signalizirati da dio pogona ne radi ispravno, odnosno da uređaj koji je i

inače izvor topline proizvodi više topline nego je projektirano, ili uređaj koji bi trebao hladiti prostoriju ne izvršava ispravno svoju zadaću.

## 2.2. Mjerenje tlaka

Mjerenje tlaka u nekoj posudi ili u cjevovodu također može služiti u regulacijske svrhe, a može biti postavljeno isključivo za detekciju nedopuštenih vrijednosti, odnosno kao sigurnosni element. Senzori tlaka također mogu dati rezultat u digitalnom ili analognom obliku (slika 1.), kako je opisano i za mjerače temperature. Ako se rezultat mjerenja poveže s upravljačkim računalom moguće je programom pratiti promjene tijekom određenog perioda, te se tako dolazi do zaključaka vezanih za istrošenost pojedinih elemenata postrojenja. Npr., ako kompresor radi istom brzinom (snagom), ali mu za postizanje odgovarajućeg tlaka u cjevovodu treba sve više vremena tijekom određenog perioda, može se zaključiti da je potrebno servisirati kompresor. Ako je došlo do naglog porasta vremena koje mu je potrebno za postizanje radnog tlaka u cjevovodu, treba pregledati brtvene elemente na cjevovodu i zamijeniti oštećeni.



Slika 1. Mjerač tlaka s izlaznim signalom 4-20mA

## 2.3. Mjerenja ostalih procesnih veličina

Kako je opisano na primjerima mjerenja najčešćih procesnih veličina (temperature, tlaka), mogu se koristiti i mjerenja ostalih procesnih veličina u dijagnostičke svrhe. To mogu biti:

- mjerenja razine u crpnim stanicama ili raznim spremnicima koja uključuju crpke ili ventile za dotok ili ispušt iz spremnika, ako je razina izvan projektiranih granica – dojaviti alarm, ukazuje na kvar nekog dijela opreme
- mjerenje vibracija se može koristiti za regulaciju brzine vrtnje centrifuge, ali i za detekciju oštećenja ležaja – potreban servis
- mjerenje gustoće medija koji se miješa, može služiti za doziranje tekućine za razrjeđenje, ali i procjenu opterećenosti motora i mehaničkih dijelova – planiranje održavanja (ako se tijekom nekog perioda češće radi s gušćim medijem, češća zamjena ulja u reduktoru)

- mjerenje koncentracije plinova (amonijak, sumporovodik, metan) u prostoriji – regulacija ventilacije, ili alarm (isključenje napajanja postrojenja) kod previsoke koncentracije
- mjerenje pH vrijednosti otpadne vode – doziranje kiseline ili lužine za neutralizaciju, ili isključenje postrojenja iz pogona, zatvaranje ispusta kod pH vrijednosti izvan dopuštenih granica, alarm kod neuspjele neutralizacije
- mjerenje vodljivosti otpadne vode može ukazivati na povećanu koncentraciju soli (morske vode) u otpadnoj vodi – oštećenje kanalizacijskog sustava, prodor morske vode u kanalizacijski sustav

## 3. PRIMJER CRPNE STANICE S VIZUALIZACIJOM PROCESA

U zadarskom naselju Arbanasi nalazi se crpna stanica za otpadne vode (prikazana na slici 2.) koja je dio sustava odvodnje i u koju dotječe otpadna voda iz tog dijela grada, kao i dio oborinske kanalizacije.



Slika 2. Crpna stanica Arbanasi - Zadar

U crpnoj stanici je na ulazu otpadne vode ugrađena automatska lančana rešetka s ocjeđivačem koja izdvaja krupniji otpad iz vode u kontejner. Njen rad je povezan s ultrazvučnim mjerenjem razine ispred i iza rešetke (slika 3.). Mjerač diferencijalne razine daje dva analogna signala 4-20 mA, spojenih na analogne ulaze PLC-a koji prikazuju razinu ispred i iza rešetke u postotcima (0 – 100% od prethodno kalibrirane vrijednosti koja odgovara dubini kanala u koji je ugrađen ultrazvučni senzor). Kod razlike u razinama veće od podešene uključuje se automatsko čišćenje rešetke jer razlika razine ukazuje na začepljenost rešetke. Istodobno se uključuje i ocjeđivač (transporter s kompaktorom) postavljen iza rešetke koji otpad izdvojen na rešetki cijedi i odvodi u kontejner (slika 4.).



**Slika 3.** Ultrazvučni mjerač diferencijalne razine



**Slika 4.** Automatska lančana rešetka i ocjeđivač

Mehanički djelomično pročišćena otpadna voda utječe u podzemni bazen (slika 5.) u koji su ugrađene četiri crpke, svaka snage 75 kW, koje odvođe vodu na središnji gradski uređaj za pročišćavanje otpadnih voda.



**Slika 5.** Vanjski podzemni bazen s crpkama

S obzirom na znatnu ekonomsku vrijednost svake crpke, kao i njihovu važnost za siguran rad crpne stanice osobito prilikom nevremena praćenog obilnom kišom kada zbog velikog dotoka mora raditi više crpki istodobno, svaka je crpka opremljena specijaliziranim zaštitnim sensorima. Crpke su potopne izvedbe sa zaštitom stupnja IP 68, odnosno potpuno prahotijesne i vodotijesne izvedbe, predviđene za vodeno hlađenje.

Stoga je u komori s uljem koja se nalazi unutar crpke ugrađen senzor koji, mjereći vodljivost, detektira prodor vode u ulje (popuštanje brtvi). Da se crpka ne bi u radu pregrijala, nužno je da je uvijek uronjena u vodu, što znači da smije raditi (prazniti bazen) samo do minimalne radne razine. Uključenjem i isključenjem crpki prema razini upravlja PLC prema podacima o razini u podzemnom bazenu koji se mjeri također ultrazvučnom sondom, spojenom na pretvaračku mjernu jedinicu (slika 6.), koja signal senzora pretvara u standardni signal 4-20 mA. Dodatno je izvedeno i mjerenje plovnim sklopkama, kao mjerna redundancija ultrazvučnom mjerenju.



**Slika 6.** Pretvarač za ultrazvučno mjerenje razine u bazenu s crpkama

Na slici 7. je početni ekran vizualizacije crpne stanice Arbanasi na operacijskom panelu, na kojoj su prikazani svi osnovni dijelovi opreme. Više podataka o pojedinom dijelu može se dobiti idućim prikazima vizualizacije na operacijskom panelu.



**Slika 7.** Prikaz crpne stanice vizualizacijom

Za zaštitu crpki tvornički je ugrađeno mjerenje temperature unutar namota na statoru motora, kao i mjerenje temperature ležaja crpke. Podaci od sonde ugrađenih unutar crpke spajaju se na posebni relej (zaštitni CAS relej) koji je proizvođač isporučio u kompletu s crpkom (slika 8.).





Slika 8. Zaštitni relej CAS za senzore u crpkama

Digitalni signali koji pokazuju nedopuštena stanja temperature u pojedinim dijelovima crpke ili prodor vode u ulje zaustavljaju rad pripadajuće crpke, ali su i proslijeđeni upravljačkoj jedinici (PLC-u) te prikazani vizualizacijom na operacijskom panelu. Dodatno je zbog posebnog značaja za planiranje servisa (redovite zamjene ulja u komori) u svaku crpku ugrađeno i mjerenje temperature ležaja koje kontinuirano daje podatak 4-20mA koji je proslijeđen kroz PLC na operacijski panel za vizualizaciju procesa, što se za svaku crpku vidi na detaljnijem prikazu njenih podataka (slika 9.). Prateći promjene temperature svake crpke posebno, te uzimajući u obzir i meteorološke prognoze za iduće razdoblje, osoblje zaduženo za održavanje crpne stanice Arbanasi može kvalitetno planirati potrebne preventivne servise.



Slika 9. Prikaz podataka crpke 1 na vizualizaciji

#### 4. ZAKLJUČAK

Korištenjem podataka koje automatika prikupi iz tehnološkog procesa od različitih vrsta mjerenja, kao i podaci o redosljedu, učestalosti i trajanju uključivanja pojedinih elemenata postrojenja, mogu se učinkovito koristiti prilikom održavanja kao pomoć u predviđanju mogućnosti nastanka kvara, kao i kod planiranja preventivnog održavanja. Kada su tako prikupljeni podaci prikazani vizualno na operacijskom panelu ili na zaslonu računala (vizualizacija SCADA sustavima), onda je moguće direktnim porukama operatera uputiti na mjesto kvara opreme ili mu uputiti savjet za prikladnu

preventivnu ili korektivnu akciju. Prikaz mogućih pomoći koju vizualizacija rada crpne stanice Arbanasi daje osoblju na održavanju samo je jedan primjer. Što je proces složeniji, primjena podataka od vizualizacije tehnološkog procesa u dijagnostici kvarova je značajnija.

#### 5. LITERATURA

- [1] Kondić, Ž.: Kvaliteta i pouzdanost tehničkih sistema, Varaždin, 2001.
- [2] OMRON, Cat. No. V073-E1-06, NS-Series Programming Manual
- [3] <http://www.endress.com/eh/home.nsf/#product/PMC131>, studeni, 2013.
- [4] <http://www.endress.com/eh/home.nsf/#products/~level-measurement-ultrasonic>, studeni, 2013.

#### Kontakt autora:

**Josip Srpak, dipl. ing.**  
 Veleučilište u Varaždinu  
 Križanićeva 33, 42000 Varaždin  
 Tel: 091/8998868  
 e-mail: jsrpak@gmail.com