

Model za unapređenje ispitivanja transdjusera u maloserijskoj proizvodnji

MILOŠ VORKAPIĆ, MARKO STARČEVIĆ,

BOGDAN POPOVIĆ, MILOŠ FRANTLOVIĆ, IHTM-CMTM, Beograd

PREDRAG POLJAK, Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd

SINIŠA MINIĆ Univerzitet u Prištini, Prirodno-matematički fakultet, Kosovska Mitrovica

Stručni rad

UDC: 658.522.011.2

Istraživanja u CMTM-u obuhvataju usavršavanje statičkih karakteristika senzora ili transdjusera. Automatizacija procesa merenja na postojećoj aparaturi pruža nam mogućnost da klasifikujemo i analiziramo važne informacije o uređaju koji ispitujemo. U radu su analizirani modeli kako unaprediti proces merenja se stanovišta iskorišćenja postojeće opreme.

Ključne reči: senzor, transdjuser, automatizacija, akvizicija podataka, kontrola merenja

1. STATIČKE KARAKTERISTIKE MERNIH ELEMENATA

Merni elementi koriste se za merenje izlaznih promenljivih veličina sa kojima treba upravljati. Merni elementi služe da pretvore neku fizičku veličinu, koja se meri, u neki od standardnih signala, a oni se nazivaju još i merni pretvarači.

Merni elementi ili u novije vreme - transmiteri se sastoje zapravo iz dva dela: primačkog dela – koji prima promene iz okoline (senzora) i pre tvaračkog dela (transmitera). Izlaz iz mernog elementa može biti: pneumatski, strujni, naponski ili digitalni signal.

U elemente [1] statičkih karakteristika mernog elementa ubrajaju se:

- merni opseg,
- merno područje,
- osetljivost,
- tačnost,
- preciznost.

Merni opseg predstavlja razliku između najviše i najniže vrednosti fizičke veličine koja se može izmeriti, dok merno područje predstavlja maksimalni merni opseg u okviru koga se dati transmiter može upotrebiti, odnosno kalibrisati.

2. TRANSDJUSER PRITISKA

Čip [2] koji je ugrađen na metalno kućište sa

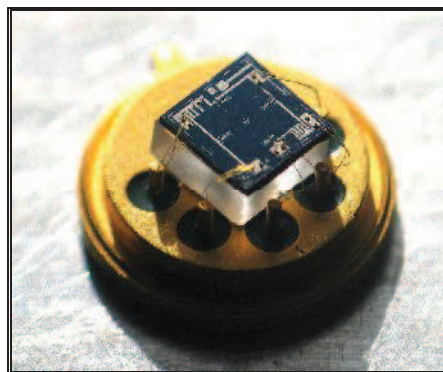
Adresa autora: Miloš Vorkapić, IHTM – CMTM, Centar za mikroelektronske tehnologije i monokristale, Beograd, Njegoševa 12

Rad primljen: 21.10.2011.

električnim kontaktima i gde se postupkom bondovanja vrši povezivanje Vitstonovog mosta sa kontaktima na kućištu naziva se senzor pritiska. Na slici 1 dat je fotografski prikaz standardnog senzora pritiska u proizvodnji IHTM-CMTM.

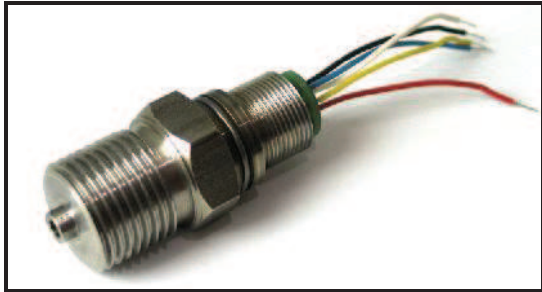
Ovakvi senzori pritiska bez zaštite se ne mogu koristiti u industrijskim merenjima. Stoga se senzor pritiska ugrađuje u zaštitno metalno kućište [3] koje čini konstrukciju transdjusera pritiska.

Transdjuseri pritiska [4], kao i transmiteri pritiska, sa piezootpornim čipom koriste se za merenje pritiska u termoenergetskim postrojenjima (termoelektrana, hidroelektrana), sličnim procesnim postrojenjima i u avio industriji. Na takvim mestima javljaju se nestacionarne pojave, koje se ne mogu predvideti, a koje dovode do kvarova i do uništenja mernih uređaja. Na tim mestima pritisak prelazi granice mernog opsega senzora i na taj način dolazi do preopterećenja. Generalno, piezootporni senzori pritiska se koriste za merenje pritiska na najkritičnijim mestima, videti sliku 1.



Slika 1 – Fotografski prikaz senzora pritiska

Na slici 2, dat je izgled transdjusera pritiska CMTM-a. Transdjuser pritiska se izrađuje kao nezavisan sklop [5] koji čini samostalnu celinu, a koji se sastoji od više komponenata i koja ima specifičnu funkciju.



Slika 2 – Transdjuser pritiska

3. ISPITIVANJE TRANSDJUSERA

Postupak rada sa instalacijom pri ispitivanju na mehaničko preopterećenje transdjusera pritiska:

- instalacija treba da bude formirana kao na osnovnoj šemi uz predhodnu proveru pumpe po posebnoj proceduri (videti sliku 3). Svi ventili na pumpi moraju biti zatvoreni u stanju mirovanja instalacije, a rezervoar ulja mora biti dovoljno pun;
- otvoriti ozračni ventil na najvećoj geodetskoj koti tj. ka mernoj komori (transdjuseru) kao i procesnom ptiključku (videti sliku 3 – pozicija 2);
- odvrnuti ventil potisnog voda pumpe (videti sliku 3 – pozicija 1.5);
- laganim pomeranjem unutar postavljenih graničnika, poluga (videti sliku 3 – pozicija 1.14) ručnog mehanizma klipne predpumpe, ostvariti punjenje instalacije uljem preko usisnog voda (slika 3 – pozicija 1.11), zatim potisnog voda (slika 3 – pozicija 1.15-1.16-1.17) i kada se na odzračnim ventilima pojavi homogeno tečenje ulja zatvoriti iste ventile;
- daljim pomeranjem ručnog mehanizma predpumpe zadati oko 80% potrebnog pritiska;
- Navojnim mehanizmom glavne pumpe (ili kormilo za zadavanje pritiska) dostići tačnu 100% vrednost potrebnog pritiska (videti sliku 3 – pozicija 1.18);
- obaviti potrebna posmatranja i napraviti beleške o stanju ispitivanja merne komore (transdjusera) na ispitanim uslovima;

Postupak dovođenja pritiska na polazno (nulto) stanje – rasterećenje instalacije:

- ručnim mehanizmom (slika 3 – pozicija 1.18) glavne pumpe vratiti klip (slika 3 – pozicija

1.17) u početni položaj i time smanjiti pritisak na nivo koga je ostvarila predpumpa;

- postepenim otvaranjem ventila barometarskog pritiska (slika 3 – pozicija 1.8) postepeno svesti pritisak u instalaciji na nulu;
- otvoriti odzračne ventile ka mernoj komori (transdjuseru) i sačekati oko 3 minuta kako bi izašlo ulje iz merne komore;
- zatvoriti ventil na delu koji se ispituje (slika 3 – pozicija 1.8) kao bi se sprečilo dalje tečenje ulja u rezervoar zarad sledećeg ispitivanja.

Napomena: predpumpa (slika 3 – pozicija 1.12-1.13-1.14) i glavna pumpa (slika 3 – pozicija 1.16-1.17-1.18) nacrtane su za 90 stepeni u zaokrenutom položaju, zbog boljeg pregleda šeme.

Elementi klipne laboratorijske pumpe NP 1000, koji su prikazani na slici 3, su: 1.1 Postolje pumpe; 1.2 Rezervoar pumpe sa izmenljivom filter mrežicom; 1.3 Silikonsko ulje (tip - DM100); 1.4 Postolje razvoda pumpe; 1.5 Ventil potisnog voda; 1.6 Razvodnik 1; 1.7 Kontrolni manometar (etalon pritiska); 1.8 Ventil barometarskog pritiska; 1.9 Razvodnik 2; 1.10 Vod barometarskog pritiska; 1.11 Usisni vod predpumpe; 1.12 Kućište predpumpe sa usisnim i potisnim ventilom; 1.13 Klip predpumpe; 1.14 Podužni mehanizam ručnog pogona predpumpe; 1.15 Potisni vod predpumpe; 1.16 Kućište glavne pumpe; 1.17 Klip glavne pumpe; 1.18 Navojni mehanizam ručnog pogona glavne pumpe (ili kormilo za zadavanje pritiska); 2. Procesni priključak za vezu sa transdjuserom; 3. Transdjuser – merna komora.

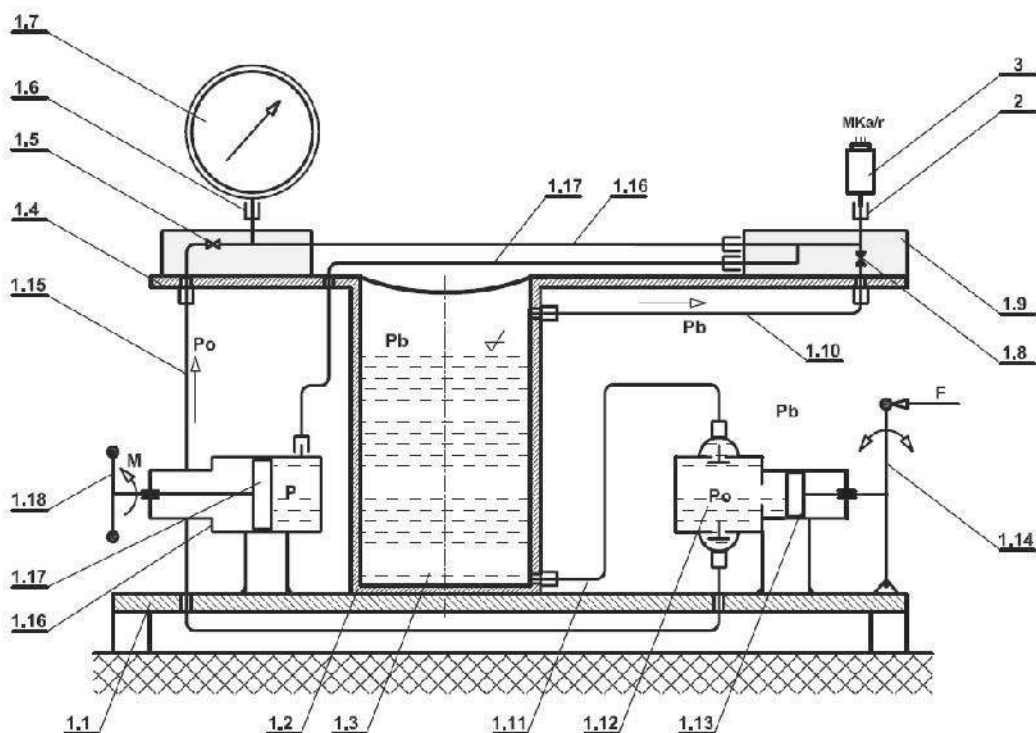
Ugrađeni burdonov manometar (slika 3 – pozicija 1.17) radi na principu promene razlike pritiska između unutrašnjosti i spoljašnjosti Burdonove cevi, gde dolazi do njene deformacije i pomeranja njenog slobodnog kraja. Uglavnom se koriste Burdonovi manometri sa mehaničkim prenosom promene ugla savijanja cevi pomoću zupčaste poluge i zupčanika.

4. UNAPREĐENJE ISPITIVANJA

Na slici 4, data je prva verzija unapređenja aparature za ispitivanje transdjusera pritiska. Ovo je verzija sa ručnim preklonokom i predstavlja poluautomatsko unapređenje procesa ispitivanja transdjusera pritiska.

Na slici 4 dati su elementi koji su predmet analize unapređenja procesa merenja, ispitivanja transdjusera pritiska: 1) Digitalni manometar; 2) Konvertor RS 485-RS232; 3) Razvodnik (ili merna letva); 4) Transdjuseri pritiska; 5) Preklopnik; 6) Multimetar Agilent (A/D konverzija); 7) PC sa aplikativnim softverom za akviziciju podataka.

Digitalni manometar (slika 5 – pozicija 1) sa RS 485 komunikacijom. Kao unapređenje u odnosu na sistem sa mehaničkim manometrom, može se koristiti di-



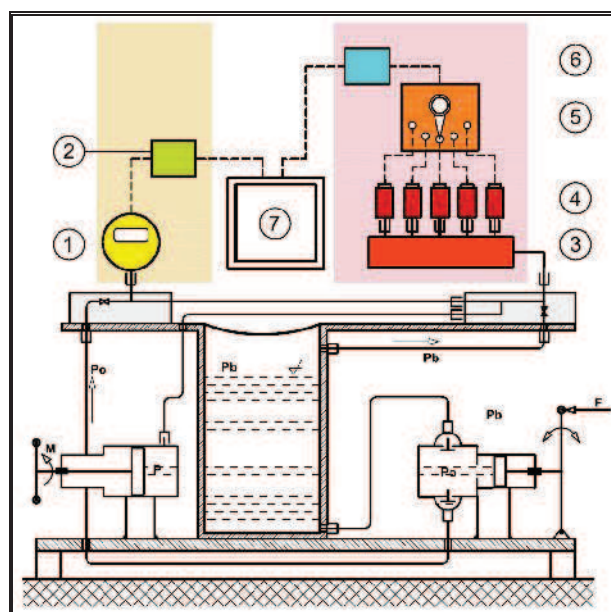
Slika 3 – Šematski prikaz klipne laboratorijske pumpe NP1000, proizvodnje Burdon

gitalni manometar „Keller LEX-1“ (www.keller-druck.com). Posebna pogodnost ovog manometra je to što ima mogućnost komunikacije sa računarom putem RS 485 protokola. Na taj način se može u računaru očitavati izmereni, odnosno zadani pritisak. Digitalni manometar „Lex-1“ (videti sliku 4) je mikroprocesorski kontrolisan digitalni merni instrument visoke klase tačnosti. Pritisak se meri dva puta u sekundi i prikazuje na displeju. Gornji displej prikazuje trenutnu vrednost pritiska, a donji displej prikazuje maksimalnu i minimalnu izmerenu vrednost od momenta poslednjeg resetovanja.



Slika 4 – Fotografski prikaz digitalnog manometra Keller LEX-1

Merna letva (slika 5 – pozicija 3). Merna letva je debelozidna metalna cev na koju su postavljeni priključci za transdjusere, kao i priključak za dovod pritiska. Broj priključaka na koji se postavljaju transdjuseri je proizvoljan u zavisnosti gde se merna letva koristi. Najčešće merne letve imaju 3,5 i 10 priključaka, ali nije retko da to bude i više.



Slika 5 – Šema unapređene aparature za ispitivanje transdjusera pritiska na mehaničko preopterećenje

Digitalni multimetar visoke klase tačnosti Agilent 34410A. Multimetrom se meri izlazni napon transdjusera. Komunikacija multimetra sa računarom je putem USB veze (slika 5 – pozicija 6)

PC sa akvizicijom izmerenih rezultata (slika 5 – pozicija 7). Akvizicija podataka-rezultata merenja se vrši na sledeći način:

- izlazni napon sa transdjusera merimo pomoću digitalnog multimetra „Agilent“, visoke klase tačnosti;
- izmerene vrednosti multimetar prosleđuje računaru putem USB veze;
- u računaru se te vrednosti upisuju u određeni fajl, a kasnije se vrši njihova analiza.

Upotrebom aparature, u režimu preopterećenja transdjusera, njegova izlazna karakteristika, napon treba da bude nakon određenog vremena konstantan. Ujedno, ova aparatura služi da se ispita proizvedena mala serija transdjusera, kao i mogućnost da izdrži rad u režimu zadatog preopterećenja.

Senzori su na ovoj aparaturi, mnogo ranije, mereni na predopterećenje do 700 bar. U radu [6] opisano je merenje koje je na mali broj uzoraka, tako da nema statističkih podataka o svim uticajnim faktorima koji utiču ili koji bi mogli uticati na kvalitet izrade senzora i/ili transdjusera. Uopšteno sve zavisi od tehnologije proizvodnje čipova.

Ranija namena aparature je bila ispitivanje senzora na mehaničko opterećenje, jer nema podataka koji govore o tome koji je to red veličine koji senzor može da izdrži. Ujedno ovo je bila metoda ispitivanja izdržljivosti senzora do razaranja, što svakako nije ekonomski isplativo.

Verzija sa potpunim automatizovanjem merenja može se izvesti na više načina, od kojih su dva najpristupačnija i prihvatljiva na osnovu postojeće opreme CMTM-a uz male tehničke dorade:

I modul - Signal sa senzora vodi se na analogni ulaz akvizicione kartice (www.ni.com), kojom se upravlja preko računara i softvera. Akviziciona kartica (videti sliku 6) je putem USB veze spojena sa računarom, a izmerane vrednosti ispisuju se na ekranu, odnosno tabeli u okviru softvera. U ovom slučaju tačnost merenja zavisi od rezolucije A/D konvertora na kartici.

Dobra strana ovakvog rešenja, pored same automatizacije procesa merenja, je mogućnost prijema više vrsta analognih signala (milivoltni, miliamperski i omski).

Loša strana ogleđa se u visokoj ceni automatizacije merenja signala transdjusera i senzora baziranih na Vitstonovom mostu. Problem je u to-

me što je potrebno napajanje Vitstonovog mosta izvorom konstantne struje



Slika 6 - Primer akvizicione kartice NI USB-9219

II modul - U ovoj slučaju signal sa senzora vodi se na distribicioni uređaj kojim upravlja računar. Taj uređaj vrši odabir senzora čiji signal želimo da merimo. Pošto je baziran na Solid State relejima, distribicioni uređaj (DC – distribution controller), omogućuje da se koristi spoljni izvor napajanja Vitstonovog mosta i to za sve senzore koji se ispituju. Sa DC-a se signal vodi u digitalni multimetar visoke klase tačnosti (Agilent), koji je spojen sa računarom putem USB veze. Prilikom merenja dešava se sledeće:

- klikom miša na određeno polje u softveru, računar šalje signal DC-u koji aktivira releje,
- određeni senzor dobija napajanje, a njegov izlazni signal beleži se na digitalnom multimetru
- digitalni multimetar prosleđuje izmerene vrednosti računaru u digitalnom obliku
- računar preuzima i upisuje podatke o merenju u tabelu određenu aplikativnim softverom.

Ovaj postupak se ponavlja sve dok se ne završe merenja svih priključenih senzora. Pošto je digitalni multimetar taj koji šalje računaru izmerene vrednosti, isključivo od njegovih karakteristika zavisi tačnost merenja kao i vrste signala koji se mogu meriti.

5. ZAKLJUČAK

Poslovnu funkciju [7] svakog preduzeća čine istraživanje i razvoj, jer je to funkcija koja zajedno sa kvalitetom i marketingom čini okosnicu rasta i razvoja preduzeća. U razvijenim zemljama sveta su rasprostranjene firme sa maloserijskim tipom proizvodnje, a koje su visokotehnološki opremljene. Naročito je važno istaći da te firme imaju snažnu podršku u savremenim tehnološkim dostignućima čiji se rezultati ogledaju u realizaciji novog tehnološkog postupka ili proizvoda.

Podizanje većeg stepena kontrole i finalizacije proizvoda pri maloserijskoj proizvodnji transdjusera postiže se:

- korišćenjem najsavremenije opreme za merenje, kontrolisanje i ispitivanje;

- stalnim poboljšanjem svih tehnoloških procesa u preduzeću;
- dobrom komunikacijom kako internom tako i eksternom u procesu proizvodnje i
- stalnom obukom kadrova, praćenjem i primenom najnovijih dostignuća iz odgovarajućih oblasti.

U cilju razvoja i lansiranja novog proizvoda, kao i efikasnog sprovođenja realizacije proizvodnog programa IHTM-CMTM-a potrebno je osvariti:

- razvoj automatizovanih mernih metoda u proizvodni program CMTM-a;
- poboljšanje postojećih mernih metoda u smislu poboljšanja karakteristika proizvoda;
- snižavanje troškova proizvodnje;
- pronalaženje novih područja primene metoda/proizvoda.

Postojeća oprema nameće nam pitanje da li smo sigurni da takva oprema zadovoljava uslove koje standard nalaže i propisuje. Automatizacija procesa merenja ima veoma važnu ulogu u pružanju pomoći da sakupimo, sortiramo i analiziramo važne informacije, kako za uređaje kojima se vrši proces merenja, tako i za one koje imamo potrebu da merimo.

6. ZAHVALNICA

Ovaj rad je nastao u okviru projekta TR 32008 „Mikro, nano-sistemi i senzori za primenu u elektroprivredi, procesnoj industriji i zaštiti životne sredine” kod Ministarstva za prosvetu i nauku. Automatizacija procesa merenja i kontrole senzora (transdjusera) i/ili transmitera ima za cilj da proizvodi CMTM-a budu metrološki ispitani i da budu što kvalitetniji u eksploatacionim uslovima. Ovo je sve u okviru podprojekta TR 32008, koji glasi: „Razvoj specifičnih uređaja korišćenjem sopstvenih rezultata u oblasti senzora i transmitera”.

LITERATURA

- [1] D. Tasić, V. Živković, Osnovi metrologije, Savezni zavod za mere i dragocene metale, SN-IPCOPY, Beograd, 2000.
- [2] M. Matić, M. Vorkapić, V. Jovanov, *Razvoj transmitera pritiska za rad u hemijski agresivnim*

sredinama, Kongres metrologa 2007., Zlatibor, Septembar 26-28, Zbornik radova, str. 59-68.

- [3] M. Vorkapić, B. Popović, Primena zavarivanja plazmom i kontrola zavarenog spoja pri izradi transmitera pritiska u IHMT-u, stručni rad, Tehnika – Mašinstvo, vol. 60, br. 3, str. 425-432, 2011., ISSN: 0040-2176
- [4] Milan Matić, Žarko Lazić, Bogdan Popović, Vladimir, Gajić, Mirjana Popović, “Uticaj velikog preopterećenja na senzore pritiska - konstrukcija i merenje”, *Zbornik radova 46 Konf za ETRAN*, Banja Vrućica - Teslić, Republika Srpska, 4 -7. juna 2002, tom 4, pp. 206-209.
- [5] Rifat M. Ramović, Pouzdanost sistema elektronskih, telekomunikacionih i informacionih, Katedra za Mikroelektroniku i tehničku fiziku, ETF, Beograd, 2005.
- [6] M. Matić, V. Jovanov, M. Smiljanić, M. Vorkapić, „Karakteristike senzora pritiska u režimu preopterećenja sa usavršenim uloškom za preopterećenjem”, *Zbornik radova, 48. konf. ETRAN*, Čačak, 6.-10. Jun 2004., tom 4, str. 172-174
- [7] D. Đorđević, M. Anđelković, S. Bogetić *Upravljanje MSP, KAS - Jugoslavija*, Beograd, 2001., (www.politikas.org),
- [8] S. Pokorni, "Pouzdanost i održavanje tehničkih sistema", *Vojna akademija VJ*, Beograd, 2002.
- [9] SRPS ISO/IEC 17025:2006 - Opšti zahtevi za kompetentnost laboratorija za ispitivanje i laboratorija za etaloniranje
- [10] SRPS ISO/IEC 17011:2007 - Opšti zahtevi za akreditaciona tela koja akredituju tela za ocenjivanje usaglašenosti
- [11] Milan Matić, Miloš Frantlović, “Promena piezootpornosti prilikom preopterećenja senzora pritiska”, *Zbornik radova 47 Konf za ETRAN*, Herceg Novi, 8 – 13. juna 2003, tom 4, pp. 130 - 132.
- [12] V. Jovanov, M. Frantlović, Optimizacija procesa merenja za digitalnu kompenzaciju piezootpornog senzora pritiska proizvodnje IHTM-CMTM, Proc. 51st Conference ETRAN, Herceg Novi - Igalo, June 4 - 8, 2007, pp. MO3.3-1-4
- [13] M. Prudenziati, *Thick film sensors*, Amsterdam New York: Elsevie, 1994, ISBN: 0444897232

SUMMARY

MODEL OF IMPROVEMENT TRANSDJUCERS IN SMALL SERIES PRODUCTION

Research in CMTM improves the development of static characteristic sensors or transducers. Automation of measurements with existing interface gives us the ability to classify and analyze important information about the device we are studying. This paper analyzes the models to improve the measurement process on existing equipment.

Key words: *sensor, transducer, automatization, data acquisition, control measurements*