

41. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

41st JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNİK RADOVA **PROCEEDINGS**



UNIVERZITET U BEOGRADU - MAŠINSKI FAKULTET

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

Beograd, jun 2018.

41. JUPITER KONFERENCIJA

ZBORNİK RADOVA

PROCEEDINGS

34. simpozijum

**CIM U STRATEGIJI TEHNOLOŠKOG
RAZVOJA INDUSTRIJE PRERADE METALA**



28. simpozijum

CAD/CAM

37. simpozijum

NU – ROBOTI –FTS

43. simpozijum

**UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U
INDUSTRIJI PRERADE METALA**

21. simpozijum

MENADŽMENT KVALITETOM

Organizator:

UNIVERZITET U BEOGRADU - MAŠINSKI FAKULTET

Beograd, jun 2018. godine

41. JUPITER KONFERENCIJA

ZBORNİK RADOVA

Organizator:

UNIVERZITET U BEOGRADU - MAŠINSKI FAKULTET

Adresa:

Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija

Tel: 011-3370341, Fax: 011-3370364

El. pošta: jupiter@mas.bg.ac.rs

Odobreno za štampu odlukom Dekana
br. 12/18 od 25.05.2018.

Tehnički urednici:

Prof. dr Bojan Babić

Prof. dr Saša Živanović

Beograd, jun 2018.

Tiraž: 100 primeraka

Štampa: **Planeta print**,

11000 Beograd, Igora Vasiljeva 33r, tel.: 011 650 6564

ISBN 978-86-7083-978-6

41. JUPITER KONFERENCIJA

sa međunarodnim učesćem

PROGRAMSKI I NAUČNI ODBOR

Predsednik:

Prof. dr Vidosav Majstorović, Mašinski fakultet Beograd

Članovi: Prof. dr Ranko Antunović, MF Istočno Sarajevo • Prof. dr Slavko Arsovski, MF Kragujevac • Prof. dr Bojan Babić, MF Beograd • Prof. dr Božica Bojović, MF Beograd • mr Goran Vujačić, VŽŠ Beograd • Prof. dr Miloš Glavonjić, MF Beograd • Prof. dr Saša Živanović, MF Beograd • Prof. dr Milan Zeljković, FTN Novi Sad • Prof. dr Milisav Kalajdžić, MF Beograd • dr Vladimir Kvirgić, Institut Mihajlo Pupin Beograd • Prof. dr Pavel Kovač, FTN Novi Sad • Prof. dr Miodrag Lazić, MF Kragujevac • Prof. dr Ljubomir Lukić, MF Kraljevo • Prof. dr Živana Jakovljević, MF Beograd • Prof. dr Vladimir Milačić, MF Beograd • Prof. dr Dragan Milutinović, MF Beograd • Prof. dr Pavao Bojanić MF Beograd • Prof. dr Milorad Milovančević, MF Beograd • Prof. dr Zoran Miljković, MF Beograd • Prof. dr Radivoje Mitrović, MF Beograd • Prof. dr Bogdan Nedić, MF Kragujevac • Prof. dr Petar Petrović, MF Beograd • Prof. dr Miroslav Pilipović, MF Beograd • Prof. dr Radovan Puzović, MF Beograd • Prof. dr Slobodan Tabaković, FTN Novi Sad • Prof. dr Žarko Spasić, MF Beograd • Prof. dr Ljubodrag Tanović, MF Beograd • Prof. dr Velimir Todić, FTN Novi Sad • Prof. dr Miroslav Trajanović, MF Niš • Prof. dr Saša Randelović, MF Niš • Prof. dr Ilija Ćosić, FTN Novi Sad • dr Nebojša Čović, Beograd • Prof. dr Emilia Assenova (Bugarska) • Prof. dr Vladimir I Averchenkov (Rusija) • Prof. dr Nikolai I. Bobir (Ukrajina) • Prof. dr Konstantin D. Bouzakis (Grčka) • Prof. dr Radomir Vukasojević (Crna Gora) • Prof. dr Milan Vukčević (Crna Gora) • Prof. dr Dušan Golubović (BiH) • Prof. dr Kornel Ehmann (SAD) • Prof. dr Alexander Janac (Slovačka) • Prof. dr Vid Jovišević (BiH) • Prof. dr Michael I Kheifetz (Belorusija) • Prof. dr Sergey A. Klimenko (Ukrajina) • Prof. dr Radovan Kovačević (SAD) • Prof. dr Andrey A. Kutin (Rusija) • Prof. dr Peter P. Melnichuk (Ukrajina) • Prof. dr Nicolae Negut (Rumunija) • Prof. dr Stanislaw Pytko (Poljska) • Prof. dr Sreten Savićević (Crna Gora) • Prof. dr Mirko Soković (Slovenija) • Prof. dr Victor K. Starkov (Rusija)

ORGANIZACIONI ODBOR

Predsednik: Prof. dr Bojan Babić, Mašinski fakultet Beograd

Sekretar: Prof. dr Saša Živanović, Mašinski fakultet Beograd

Članovi: Doc. dr Branko Kokotović, MF Beograd • Doc. dr Nikola Slavković, MF Beograd • Doc. dr Goran Mladenović, MF Beograd • Doc. dr Mihajlo Popović, MF Beograd • Doc. dr Slavenko Stojadinović, MF Beograd • Doc. dr Milica Petrović, MF Beograd, Asist. Miloš Pjević, MF Beograd, Asist. Dušan Nedeljković, MF Beograd.

ZAHVALNICA

Organizacioni odbor **41. JUPITER KONFERENCIJE** se najsrdačnije zahvaljuje svim institucijama i pojedincima koji su ličnim angažovanjem i konstruktivnim delovanjem pomogli u organizovanju ove konferencije.

Posebno se zahvaljujemo pokrovitelju:

**Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja
Vlade Republike Srbije**

Spisak svih radova na JUPITER Konferenciji
po prezimenu prvog autora

Antić, A., Zeljković, M., Lukić, D., Milošević, M. RAZVOJ SISTEMA ZA NADZOR ALATA BAZIRANOG NA PREPOZNAVANJU TEKSTURE PSD SIGNALA VIBRACIJA.....	4.1
Borojević, S., Lukić, D., Milošević, M., Vukman, J., Kramar, D. IZBOR PUTANJE KRETANJA ALATA PRI OBRADI SLOŽENIH TANKOZIDNIH ALUMINIJUMSKIH STRUKTURA.....	2.1
Dimić, Z., Milutinović, D., Živanović, S., Mitrović, S., Kvrđić, V. METOD KONFIGURISANJA UPRAVLJAČKOG SISTEMA OTVORENE ARHITEKTURE REKONFIGURABILNE ROBOTSKE ČELIJE ZA OBRADU.....	3.1
Hasan, S. M., Ivanov, T., Simonović, A., Baltić, M., Svorcan, J. EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE 3D ŠTAMPANIH DELOVA PRIMENOM DIGITALNE KORELACIJE SLIKA.....	3.8
Jokić, A., Petrović, M., Miljković, Z., Babić, B. METAHEURISTIČKI ALGORITMI OPTIMIZACIJE U TERMINIRANJU ROBOTIZOVANOG UNUTRAŠNJEG TRANSPORTA MATERIJALA.....	3.14
Kablar, N. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE: VETRENE TURBINE, SOLARNE ČELIJE, MALE HIDROELEKTRANE, ENERGIJA BIOMASE I GEOTERMALNI IZVORI ENERGIJE.....	1.1
Lukić, D., Morača, S., Milošević, M., Antić, A., Đurđev, M. RAZVOJ FUNKCIONALNOG MODELA TEHNOLOŠKE PRIPREME PROIZVODNJE U METALSKOM KLASTERU.....	1.11
Marković, S., Petrović, N., Petrović, T., Đorđević, N. POBOLJŠANJE PROCESA KONSTRUISANJA DOVODI DO KVALITETNIJEG ODRŽAVANJA MAŠINSKIH SISTEMA.....	4.7
Marković, V., Jakovljević, Ž., Budak, I. PREPOZNAVANJE CILINDARA I RAVNI U TRODIMENZIONIM OBLACIMA TAČAKA.....	2.9
Mitrović, S., Jakovljević, Ž. DISTRIBUIRANO UPRAVLJANJE PNEUMATSKIM ROBOTOM BAZIRANO NA IEC 61499 I 802.15.4 STANDARDIMA.....	4.12
Mladenović G., Tanović Lj., Puzović R., Pjević M., Popović M. RAZVOJ SOFTVERSKOG REŠENJA ZA AUTOMATSKO PROJEKTOVANJE TEHNOLOGIJE OBRADE DELOVA SA SLOŽENIM POVRŠINAMA.....	2.19
Nedeljković, D., Milovanović, M., Jakovljević, Ž. PROTOTIP ELEKTROPNEUMATSKOG SISTEMA ZA POZICIONIRANJE.....	4.19
Papić, S., Velić, S., Hatarić, A., Manojlović, N. ANALIZA GREŠAKA KOD LASERSKOG SJEČENJA METALA.....	3.23
Perić, B., Svorcan, J., Peković, O., Simonović, A. NUMERIČKA ANALIZA AERODINAMIČKIH KARAKTERISTIKA ROTORA VETROTURBINE SA HORIZONTALNOM OSOM OBRATANJA.....	2.25
Popović, P., Vujović, D. EKSPERIMENTALNO MODIFIKOVANJE STVARNOSTI NA MODELIMA ,KAO PROBLEM U KREIRANJU STRATEGIJSKIH ELEMENATA POMORSKIH KOMPANIJA.....	1.17
Randelović, S., Mladenović, S., Milutinović, M. FEM ANALIZA ALATA ZA PROBIJANJE I PROSECANJE.....	3.29
Stepanić, P., Lopin, L., Krošnjar, A. PRIMENA C4.5 STABLA ODLUČIVANJA I SLUČAJNE ŠUME U DETEKCIJI OTKAZA KOTRLJAJUĆIH LEŽAJEVA.....	4.25

Стојадиновић, С., Мајсторовић, В., Durakbasa, N. МОДЕЛИРАЊЕ И СИМУЛАЦИЈА МЕРНЕ ПУТАЊЕ У ПРОЦЕСНОЈ ИНСПЕКЦИЈИ НА НУММ.....	5.1
Škondrić, S., Grujić, V., Lazarević, D., Joksić Urošević, B., Marković, S. EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE KVALITETA MATERIJALA ZA IZRADU VRATILA SA ZUPČANIKOM BOČNOG PRENOSA TEŠKOG OKLOPNOG SREDSTVA.....	3.33
Tabaković, S., Knežev, M., Zeljković, M., Živanović, S., Štrbac, B. ANALIZA I VERIFIKACIJA OBRADNE SLOŽENIH GEOMETRIJSKIH POVRŠINA OPERACIJOM TROOSNOG GLODANJA NA NU MAŠINAMA ALATKAMA.....	3.39
Tanović, D., Baltić, M., Perić, B., Kapor, N. SIMULACIJA VETROTURBINE SA VERTIKALNOM OSOM OBRATANJA	2.31
Vasilić, G., Živanović, S. ANALIZA RADNOG PROSTORA REKONFIGURABILNOG ČETVTOOSNOG MEHANIZMA SA HIBRIDNOM KINEMATIKOM ZA PROCES OBRADNE SEČENJA ŽICOM.....	3.45
Vorkapić, M., Frantlović, M., Čočkalović, D., Đorđević, D. UPOTREBA QFD ALATA U REALIZACIJI INTELIGENTNIH TRANSMITERA	5.7
Vorkapić, M., Ivanov, T., Alsbri, A., Simonović, A., PREDIKCIJA BRZINE VETRA NA TERITORIJI LIBIJE PRIMENOM VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA	3.54
Živanović, S., Slavković, N., Milutinović, D. METODOLOGIJA PROGRAMIRANJA ROBOTA ZA OBRADU NA BAZI STEP-NC PROTOKOLA.....	3.60
Živković, G., Bajić, M., Radojičić, S., Marković, S. UPRAVLJANJE KVALITETOM PRI REGENERACIJI MAŠINSKIH DELOVA	5.13

41. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

41st JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



21. simpozijum

MENADŽMENT KVALITETOM

Beograd, jun 2018.

MENADŽMENT KVALITETOM

QUALITY

Стојадиновић, С., Мајсторовић, В., Durakbasa, N. МОДЕЛИРАЊЕ И СИМУЛАЦИЈА МЕРНЕ ПУТАЊЕ У ПРОЦЕСНОЈ ИНСПЕКЦИЈИ НА НУММ.....	5.1
Vorkarić, M., Frantlović, M., Čočkalo, D., Đorđević, D. UPOTREBA QFD ALATA U REALIZACIJI INTELIGENTNIH TRANSMITERA	5.7
Živković, G., Bajić, M., Radojičić, S., Marković, S. UPRAVLJANJE KVALITETOM PRI REGENERACIJI MAŠINSKIH DELOVA	5.13





Vorkapić, M., Frantlović, M.,¹⁾ Čočkalović, D., Đorđević, D.,²⁾

UPOTREBA QFD ALATA U REALIZACIJI INTELIGENTNIH TRANSMITERA³⁾

Rezime

U radu je analizirana tehnologija proizvodnje industrijskih transmitera, u saglasnosti sa potrebama krajnjeg korisnika. Takođe, izvršeno je i poređenje domaćeg u odnosu na vodeće svetske proizvođače transmitera. Primenom QFD metode na posmatranom primeru kroz analizu grešaka u procesu proizvodnje modula i realizaciju kuće kvaliteta na primeru novog proizvoda - inteligentnog transmitera. Novo rešenje pokazuje da su definisani svi parametri dizajna i da je modularna arhitektura prihvatljiva u dobijanju palete novih proizvoda. Ti novi proizvodi mogu se koristiti za ponovnu upotrebu i reciklažu materijala.

Ključne reči: QFD, Dizajn proizvoda, Transmitter

1. UVOD

Quality function deployment (QFD) je metoda koja se prvenstveno koristila za projektovanje i razvoj novih proizvoda, ali danas se sve više koristi u različitim nivoima preduzeća [1]. Od najranijih studija [2,3]. QFD se predstavlja i obrađuje kao metoda (ili strategija) kojom se definišu atributi dizajna u skladu sa očekivanjima kupaca, tj. zahtevi kupaca se prevode u ciljani dizajn gde se u kritičnim tačkama osigurava kvalitet proizvoda. QFD metoda predstavlja alat kojim se planira razvoja novog proizvoda, unapređuje postojeći proizvod kroz poboljšanje [4,5].

Prema Prasad [6], razvoj novog proizvoda preduzeću omogućava: poverenje kupca i polako pridobijanje tržišta; lojalnost i familijarnost kupaca sa proizvodima; mogućnost saradnje i učenja od kupaca, postavljanje i održanje cene proizvoda duži period. Nažalost, QFD metoda kao alat za poboljšanje kvaliteta proizvoda, malo se primenjuje u Srbiji, dok se u razvijenim zemljama pokazala kao veoma korisna u praksi. Dakle, cilj ovog rada je da se prikaže njena primena na primeru proizvodnje proizvoda-industrijskog transmitera na IHTM - Centru za mikroelektronske tehnologije u Beogradu (IHTM-CMT).

2. TEORIJSKA POZADINA

Sušтина QFD je da se resursi maksimalno iskoriste, a gubici (waste) svedu na minimum. Prema studiji Zairi and Youssef [7] upotrebom QFD alata moguće je smanjiti: vreme za razvoj proizvoda do 50%, broj promena na konstrukciji do 50%, početne i inženjerske greške do 30% i potrebu za servisom do 50%.

QFD se u svojoj izvornoj varijanti sastoji od četiri faze [8]: 1.) kuće kvaliteta (HOQ-House of Quality), 2.) raspoređivanje dizajna (Parts deployment), 3.) planiranje procesa (Process planing) i 4.) planiranje proizvodnje (Production planing).

Kuća kvaliteta je ključni strategijski alat koji pomaže preduzećima da razvijaju proizvode zarad zadovoljenja potreba kupaca i sastoji se od šest elemenata [9], videti sliku 1:

1. Kupčeve potrebe ili kupčevi zahtevi (ŠTA). Ovaj element je poznat kao „glas kupaca”.
2. Tehnički zahtevi proizvoda (KAKO). Element predstavlja uslove dizajna, karakteristike proizvoda, inženjerske zahteve ili dopunu karakteristika kvaliteta.

¹⁾ dr Miloš Vorkapić, Univerzitet u Beogradu, NU IHTM - Centar za mikroelektronske tehnologije, (worcky@nanosys.ihtm.bg.ac.rs); dr Miloš Frantlović, Univerzitet u Beogradu, NU IHTM- Centar za mikroelektronske tehnologije, (frant@nanosys.ihtm.bg.ac.rs)

²⁾ prof. dr Dragan Čočkalović, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin” u Zrenjaninu, (cole@tfzr.uns.ac.rs); prof. dr Dejan Đorđević, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin” u Zrenjaninu, (dejan.djordjevic@tfzr.rs)

³⁾ U okviru ovog rada saopštavaju se rezultati istraživanja koja se sprovode na projektu TR_32008 „Mikro, nano-sistemi i senzori za primenu u elektroprivredi, procesnoj industriji i zaštiti životne sredine” kod Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj.

3. Ovaj element se ponekad naziva „glas preduzeća”. Kupčeve potrebe ukazuju preduzeću „šta da uradi” dok tehnički zahtavi ”kako da uradi”.
4. Relaciona matrica ŠTA i KAKO. Kuća kvaliteta mapira želje i potrebe kupca u pravcu razvoja proizvoda sa ciljem da se zadovolje krajnje potrebe kupaca. Proces mapiranja ŠTA u KAKO nastavlja se u zasebnim matricama. Rad sa ovim matricama omogućava da se detaljno opiše kako bi trebalo proizvod da se razvija.
5. Krov kuće kvaliteta. Krov se koristi za specifikaciju različitih tehničkih katarakteristika koje moraju da budu poboljšane, tj. razmatra koliko će promena karakteristike u jednoj funkciji uticati na druge funkcije. Ova međuzavisnost daje kompromis između potrebe inženjera i kupaca.
6. Ukupni prioriteti tehničkih zahteva i dodatnih ciljeva. Ovde se omogućava da se projektant vrati u bilo koju fazu nastanka novog proizvoda, odnosno predstavlja važan okvir koji se fokusira na davanje prioriteta najvažnijim zahtevima kupaca.

Prema Hauser [10], za unapređenje kvaliteta dizajna u nekim preduzećima, QFD model je pomogao da se smanji vreme projektovanja za 40%, kao i troškovi projektovanja za 60%. Konvencionalne metode ne garantuju da će ciljni nivo zahteva kupaca biti ispunjen kroz implementaciju zahteva dizajna.



Slika 1. Kuća kvaliteta

3. METODOLOGIJA

Metodologija rada podrazumeva analizu grešaka tokom realizacije transmitera i na primenu QFD alata. U radu su kupci predstavljeni kao specifična, veoma zahtevna i tehničko-tehnološki pismena grupacija korisnika. Korišćena su mišljenja 40 stručnjaka koji rade u sektoru snabdevanja i održavanja u termo i hidroelektranama (TENT) kao i rafineriji nafte (NIS).

U okviru QFD alata veoma je bitna kuća kvaliteta koja daje direktnu vezu između projektovanih ciljeva i parametara dizajna. Projektovani ciljevi su u direktnoj vezi sa zahtevima kupaca. Parametri dizajna su u skladu sa strategijom preduzeća i predstavljaju direktan odgovor na konkretne kupčeve zahteve. Upravo ova veza smanjuje odstupanja i traži kompromis između projektanta i kupca.

Bitni parametri, koji se određuju na nivou vrednovanja, u analizi QFD matrice su: nivo značajnosti, ukupno zadovoljstvo, uticaj na kupovinu i težinski koeficijent.

U procesu ispitivanja anketirani kupci su definisali značajnost svake potrebe. Računanje ukupnog zadovoljstva vrši se kao odnos ciljane vrednosti i ocene proizvoda preduzeća. Uticaj na kupovinu je procena uticaja određene potrebe kupaca na kupovinu proizvoda. Težinski koeficijent predstavlja proizvod značajnosti, ukupnog zadovoljstva i faktora uticaja na prodaju.

Zahtevi dizajna se biraju na osnovu težinskog koeficijenta. Dizajn može pozitivno da utiče na jedan zahtev kupca, dok negativno može da utiče na druge zahteve. S tim u vezi, postoje različite skale i težinske šeme kojima se meri odnos između zahteva kupca i zahteva dizajna koji su potrebni kako bi se opisao korelacioni odnos kao jak, slab ili da nema uticaja. Prema opisanom značaju uspostavljena korelacija (vrednovanje) se brojačno iskazuje: 9 - jaka korelacija, 3 - srednja korelacija, 1 - slaba korelacija i 0 - ne postoji korelacija. Ove numeričke vrednosti treba da izraze informacije, koje sa jedne strane treba da budu grube, a sa druge strane da pružaju mogućnost kalkulacije kako bi se dobilo što više objektivnih informacija [11].

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Za merenje fizičkih veličina u industrijskim postrojenjima, razvijena je posebna vrsta elektronskih mernih instrumenata, čiji je tržišni naziv industrijski transmiteri. Pogodni su za primenu u termoenergetskim postrojenjima, industriji nafte i gasa, hemijskoj, farmaceutskoj i prehrambenoj industriji, brodskim postrojenjima, vodosnabdevanju, instalacijama grejanja i klimatizacije i drugim industrijskim i tehnološkim procesima. Uopšteno, svaki transmiter sastoji se iz tri modula: 1. merne komora (sa senzorom u piluli), 2. prelaznog fiksirajućeg elementa i 3. kutije elektronike sa elektronskim sklopom.

U Tabeli 1, dat je uporedni prikaz oblika, dizajna, ukupne mase i materijala jednog industrijskog transmitera pritiska kod inostranih i domaćeg proizvođača.

Tabela 1. Uporedni prikaz karakteristika industrijskih transmitera na tržištu

Transmitter		R.br.	1.	2.	3.	4.	5.
		Proizvođač	SIEMENS	ENDRESS +HAUSER	ROSEMOUNT	YOKOGAWA	IHTM-CMT
Modul	Naziv	Težina (kg)	~ 1.5	~ 2.5	~ 2	~ 1.3	~ 2
I	Merna komora	Materijal	AISI 316				W-Nr 1.4571
		Oblik	cilindričan				četvrtast
		Proc. priključak	standardan				
III	Kutija elektronike	Materijal	silumin				AlCu4MgMn
		Izrada	odlivak				pun materijal
		Površinska zaštita	plastifikacija				eloksiranje
		SMART modul	ima				nema
		Klasa tačnosti	0.1				0.6
		Napajanje (VDC)	10.5-30	10.5-30	10.5-36	10.5-36	14-26
		Str. izlaz (mA)	4-20				
		Meh. zaštita	IP 65	IP 65	IP 65, IP 67	IP 67	IP 65
Radna temp. (°C)	-10...+60	-30...+80	-20...+80	-30...+80	-20...+70		

Na osnovu prikazanog u tabeli 1, zapažanja su sledeća:

- Merna komora ima cilindričan odlik, dok je kod IHTM-ovog transmitera četvrtastog oblika. Ovo ukazuje da se za izradu merne komore koriste cilindrični polufabrikati, a to podrazumeva uštedu u tehnološkim operacijama što sa sobom povlači i smanjenje otpada;
- U realizaciji kutije elektronike kod konkurencije koristi se odlivak umesto punog materijala. Dakle i ovde, postoji ogromna ušteda u materijalu, otpad je sveden na minimum, a tehnološke operacije su u mnogome pojednostavljene;
- Postoji podmodul SMART elektronike, tj. kod ovakvih inteligentnih mernih instrumenata značajna je „multivarijabilnost”, koja podrazumeva mogućnost merenja većeg broja fizičkih veličina i prikaz rezultata koji su funkcija jedne ili više izmerenih vrednosti;
- Napajanje elektronike je u širem opsegu napona i iznosi 10.5-30 VDC, što nije slučaj kod IHTM-ovog transmitera.
- Kod svih inostranih inteligentnih transmitera klasa tačnosti je 0.1.

Analizom tržišta, kroz razvoj digitalnih akvizicionih i upravljačkih sistema, nastala je potreba za digitalnom dvosmernom komunikacijom sa industrijskim transmiterima, što je dovelo do nastanka industrijskih kominukacionih protokola. Na tržištu je prisutan veći broj industrijskih komunikacionih protokola koji imaju različite mogućnosti i međusobno su nekompatibilni. Najzastupljeniji takvi sistemi su: *HART*, *Profibus* i *Foundation Fieldbus*. Transmiteri koji imaju digitalnu obradu signala i komunikaciju posredstvom nekog od industrijskih interfejsa zovu se „inteligentni” transmiteri.

Prilikom analize zahteva kupaca grupisani su sledeći elementi: merne karakteristike, otpornost na preterećenje, ostale tehničke karakteristike, tehnologija izrade, brza zamena elemenata, servisiranje, primena raznih standarda, specifični zahtevi, cena i rok isporuke. U grupi „ostali tehnički zahtevi” grupisane su sledeće podfunkcije transmitera: pouzdanost u radu, jednostavna upotreba, nove funkcije.

Na osnovu postavljenih zahteva, definisani parametri dizajna za novi industrijski transmiter su: nazivni pritisak, klasa tačnosti, napon napajanja, radna temperatura, lokalno očitavanje, veza sa računarnom, tip senzora, izbor materijala, mehanička zaštita, površinska zaštita, masa proizvoda, modularost delova.

Tabela 2. Kuća kvaliteta

KAKO ŠTA		ZAHTEVI DIZAJNA												ICTM-CMT	SIEMENS	ROSEMOUNT	YOKOGAWA		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
ZAHTEVI KUPACA	Merne karakteristike	5	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	2	5	4,5	4,5	
	Otpornost na preopterećenje	5	9	9	3	3	1	3	9	9					2	5	4,5	4,5	
	Ostale tehnič. karakteristike	3,5			3	1	1	1	3	3	9			3	3	2	4,5	4,5	4,5
	Tehnologija izrade	3	9	3	1	3	3	3	9	9	9	9	3	9	1	5	5	5	5
	Brza zamena elemenata	3,5	3			1	1			3	3	3	3	9	4	3,5	3	3	
	Servisiranje	5	1	3			9	1	3	9			3	3	9	5	3,5	3	3
	Primenjena raznih standarda	4			3			9	3						3	2	5	5	5
	Specifični zahtevi	4,5	9	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	4	5	5	5
	Cena	5	9	9	9		9	9	9	9	1	3	9	9	5	3,5	3	3	
	Rok isporuke	5	9	9	9		9	9	3		1	3	3	5	5	3	3	3	
ZNAČAJ		5	5	5	3	5	5	4	4	3,5	3,5	3	5						
CILJEVI		do 400 bar	0.1	10.5-36 V DC	-30...+80	SMART podmodul	Fieldbus, Profibus	Pilula	316L / SS / AIC2408Min	IP 67	Plastifikacija	do 1,5 kg	Vše modula						
1 - nedovoljno	ICTM-CMT	1	1	1,5	2,5	1	1	3	4,5	2,5	1	2	2						
2 - dovoljno	SIEMENS	5	5	5	3,5	4,5	5	5	5	5	5	4,5	5						
3 - dobro	ROSEMOUNT	5	5	5	4,5	4,5	4,5	5	4,5	5	5	4	4,5						
4 - vrlo dobro	YOKOGAWA	5	5	5	5	5	5	5	4,5	5	5	5	4,5						
5 - odlično		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5						
APSOLUTNI ZNAČAJ		263.0	208.5	222.0	110.5	277.5	175.0	273.0	238.5	114.5	113.0	175.5	226.5						
RELATIVNI ZNAČAJ (%)		11	8.7	9.3	4.6	11.6	7.3	11.4	9.9	4.8	4.7	7.3	9.4						

Rezultati analize kuće kvaliteta (videti tabelu 2), pokazuju da su za kupce prilikom odabira industrijskog transmitera bitni sledeći parametri: lokalno očitavanje merne veličine (11.6%), tip senzora (11.4%), nazivni pritisak (11%), izbor materijala (9.9%) i modularnost delova (9.4%). Očitavanje je korisno za operatera koji se nalazi u pogonu, jer može direktno da očita vrednost merne tačke u mernom polju, a ujedno služi i kako vizuelna kontrola procesa. Da bi se poboljšala proizvodnja transmitera u IHTM-CMT-u jedan od preduslova unapređenja proizvodnje transmitera je da se realizuje inteligentni transponder.

U okviru krova kvaliteta (videti tabelu 3), nalazi se još jedna matrica koja treba da ukaže na eventualne konfliktno ciljeve između dve karakteristike. Na osnovu analize elemenata u krovu kvaliteta zaključeno je da treba poboljšati/osvojiti sledeće: 1) nazivni pritisak - treba povećati opseg na 400 bara; 2) klasu tačnosti - treba osvojiti mernu klasu sa 0.6 na 0.1; 3) lokalno očitavanje - osvojiti realizaciju podmodula SMART elektronike; 4) izbor materijala - treba primeniti materijale prema eksploatacionim uslovima ili traženoj specifikaciji; 5) modularnost delova - treba osvojiti koncept modularne arhitekture proizvoda, a to podrazumeva podelu dizajna proizvoda na nekoliko nezavisnih entiteta (modula).

Tabela 3. Krov kuće kvaliteta

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		▲	▲	■	▼	▲	▼	▲	▲	■	▼	▼	▲
		++ jaka pozitivna veza						▲ poboljšati					
		+ pozitivna veza						▼ prilagoditi					
		- negativna veza						■ bez promena					
		-- izrazito negativna veza											
Nazivni pritisak													
Klasa tačnosti													
Napon napajanja													
Radna temperatura													
Lokalno očitavanje													
Veza sa računom													
Tip senzora													
Izbor materijala													
Mehanička zaštita													
Površinska zaštita													
Masa proizvoda													
Modularnost delova													

Novi proces proizvodnje transmitera trebalo bi da obuhvata: pripremu, izradu, ispitivanje, pakovanje i stalna poboljšanja. Ciljne vrednosti u tom slučaju su: odabir materijala, upotreba mašina i alata, distribucija dokumenata, osvajanje modularne arhitekture, dobijanje željenih karakteristika svakog modula pojedinačno, spajanje modula, testiranje kao i kontinualna primena novih tehničkih i tehnoloških rešenja.

Analizom rezultata u matrici razvijanja procesa na osnovu relativnog značaja, videti tabelu 4, može se zaključiti da su bitne sledeće aktivnosti u realizaciji novog inteligentnog transmitera pritiska: stalna poboljšanja (27.5%), realizacija modula (25.5%) i ispitivanje mernih karakteristika (21.6%).

Tabela 4. Matrica razvijanja procesa

RELATIVNI ZNAČAJ (%)	ABSOLUTNI ZNAČAJ	CILJEVI	Paremetri dizajna											Značaj	Značaj (%)	
			Modularost delova	Masa proizvoda	Površinska zaštita	Mehanička zaštita	Izbor materijala	Tip senzora	Veza sa računarnom	Lokalno održavanje	Radna temperatura	Napori napajanja	Klasa tačnosti			Nazivni pritisak
			5	3	3.5	3.5	4	4	5	5	3	5	5			5
4.8	60	Materijal, mašina, alat, dokumentacija	9											3	Priprema	Proces proizvodnje
25.5	320	Modularna arhitektura	9	9	3	3	9	9	1	9		3	9	9	Izrada	
21.6	270	Ispitivanje željenih karakteristika	9	9				9	3	3	9	3	9	9	Ispitivanje	
20.6	258	Sklapanje modula	9	9	1	1	9	9	3	9	9	3		1	Pakovanje	
27.5	344	Nove tehnologije	9	9	1	3	3	3	9	9	3	9	9	9	Stalna poboljšanja	
100%	1252															

5. PRIMER REALIZACIJE INTELIGENTNOG TRANSMITERA

Na osnovu kuće kvaliteta, modularna arhitektura u realizaciji novog proizvoda predstavlja idealno rešenje za održivi razvoj IHTM-CMT-a. Materijali koji ulaze u sastav transmitera su skupi i specifični po nameni. Najviše su prisutni sledeći materijali: 1) legura od nerđajućeg čelika (AISI 316); 2) legura aluminijuma (AlCu4MgMn); 3) plastika, 4) mesing i 5) staklo i guma. Metali mogu lako da se recikliraju u nove proizvode, ponovnim topljenjem.

Novi transmieter je isprojektovan pomoću CAD alata i izradjen u radionici IHTM-CMT-a. Na slici 2 data su nova konstruktivna rešenja za I i III modul.



Primena CAD alata u projektovanju

I modul

III modul

Slika 2. Realizovani moduli inteligentnog transmitera u realizaciji IHTM-CMT-a

Novo projektovano rešenje za III modul, obuhvata: 1) poklopac bez otvora, 2) centralni deo kutije i 3) poklopac sa otvorom (videti sliku 2). Poklopac sa otvorom sadrži: 1) zaštitno staklo, 2) plastični odstojnik i 3) Zegerov prsten.

Namena poklopca sa otvorom je da se vide podaci ispisani na podmodulu SMART elektronike. Takođe, isprojektovan je i testiran kompletan podmodul SMART elektronike. Kutija je i od legure aluminijuma (AlCu5.Mg1.55), dok su dimenzije kutije (pakovanja) prilagođene finalnim merama elektronskog sklopa.

Novi proizvod, realizovan kroz modularnu arhitekturu, temelji se na familiji različitih proizvoda, gde deljenjem modula osnovna komponenta može učestvovati u različitim varijantama proizvoda. Tako je u IHTM-CMT-u realizovana paleta novih inteligentnih proizvoda: transmieter pritiska, transmieter nivoa i transmieter razlika temperatura (videti sliku 3).



Transmitter pritiska



Transmitter nivoa



Transmitter diferencije temperatura

Slika 3. Prikaz palate proizvoda inteligentnih transmitera

6. ZAKLJUČAK

Ovim radom želeli smo da ukažemo koliki značaj ima QFD alat u realizaciji inteligentnog transmitera pritiska, poboljšanju kvaliteta postojećih CMT-ovih transmitera i mogućnosti proširenja asortimana proizvoda primenom modularne arhitekture. Dakle, QFD alat osigurava da se ispune zahtevi kako bi se ostvarilo povećanje zadovoljstva korisnika primenom utvrđenih procedura, vodeći računa o: ispunjenju zahteva i očekivanja kupaca za stalnim unapređenjem kvaliteta u realizaciji proizvoda i redovnim uključivanjem i razmenom informacija sa korisnicima. Dobro osmišljen dizajn transmitera sprečava pojavu nepotrebnih i nestabilnih podsklopova i pojednostavljuje korisniku bolju montažu/demontažu kao i brzo servisiranje.

7. LITERATURA

- [1] Mehrjerdi, Y. Z.: *Quality function deployment and its profitability engagement: a systems thinking perspective*, International Journal of Quality and Reliability Management, vol. 28(9), pages 910-928, 2011.
- [2] Sullivan, L.P.: *Quality function deployment*, Quality Progress, vol. 34(6), pages 39-50, 1986.
- [3] Crowe, T. J., and Cheng, C. C.: *Using quality function deployment in manufacturing strategic planning*, International Journal of Operations and Production Management, vol. 16(4), pages 35-48, 1996.
- [4] Griffin, A.: *Evaluating QFD's use in US firms as a process for developing products*, Journal of Product Innovation Management, vol. 9(3), pages 171-187, 1992.
- [5] Wolniak, E. R., and Sudek, A.: *Using QFD method for the ecological designing of products and services*, Quality and Quantity, vol. 43(4), pages 695-701, 2009.
- [6] Prasad, B.: *Concurrent Engineering Fundamentals: Integrated Product Development (Vol. 2)*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR, 1997.
- [7] Zairi, M., and Youssef, M. A.: *Quality function deployment: a main pillar for successful total quality management and product development*, International Journal of Quality and Reliability Management, vol. 12(6), pages 9-23, 1995.
- [8] Franceschini, F., and Rossetto, S.: *QFD: an interactive algorithm for the prioritization of product's technical design characteristics*, Integrated Manufacturing Systems, vol. 13(1), pages 69-75, 2002.
- [9] Matzler, K., and Hinterhuber, H. H.: *How to make product development projects more successful by integrating Kano's model of customer satisfaction into quality function deployment*, Technovation, vol. 18(1), pages 25-38, 1998.
- [10] Hauser, J.R.: *How Puritan-Bennett used the house of quality*, Sloan Management Review, vol. 34(3), pages 61-70, 1993.
- [11] Philips, M., Sander, P., and Govers, C.: *Policy formulation by use of QFD techniques: a case study*. International Journal of Quality and Reliability Management, vol. 11(5), pages 46-58, 1994.

Vorkapić, M., Frantlović, M., Čočkalović, D., Đorđević, D.

THE USAGE OF QFD TOOLS IN REALIZATION OF INTELLIGENT TRANSMITTERS

Abstract: In this paper we analyze the production technology of industrial transmitters from the aspect of customers' needs. Also, a comparison is made between such products of one domestic and some of the world-leading transmitter manufacturers. In the observed case the QFD method was used through the analysis of manufacturing errors. A realization of the house of quality is presented using the example of a new product - an intelligent pressure transmitter. The main design parameters are defined, and the modular architecture is accepted as optimal for the new product range. The new products are made suitable for reuse and recycling.

Key words: QFD, Product design, Transmitter

CIP - Каталогизација у публикацији -
Народна библиотека Србије, Београд

658.5:004.384(082)(0.034.2)
004.896(082)(0.034.2)
621.7/.9-52(082)(0.034.2)
007.52:658.5(082)(0.034.2)
005.6(082)(0.034.2)

ZBORNIK radova [Elektronski izvor] = Proceedings / [34. simpozijum CIM u strategiji tehnološkog razvoja industrije prerade metala [i] 28. simpozijum CAD/CAM [i] 37. simpozijum NU - ROBOTI - FTS [i] 43. simpozijum Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala [i] 21. simpozijum Menadžment kvalitetom [sve u okviru] 41. Jupiter konferencija, Beograd, jun 2018. ; organizator Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet. - Beograd : Univerzitet, Mašinski fakultet, 2018 (Beograd : Planeta print). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) ; 12 cm

Nasl. sa nasl. strane dokumenta. - Tiraž 100. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-7083-978-6

1. Јупитер конференција (41 ; 2018 ; Београд) 2. Симпозијум CIM у стратегији технолошког развоја индустрије прераде метала (34 ; 2018 ; Београд) 3. Симпозијум CAD/CAM (28 ; 2018 ; Београд) 4. Симпозијум NU - ROBOTI - FTS (37 ; 2018 ; Београд) 5. Симпозијум Управљање производњом у индустрији прераде метала (43 ; 2018 ; Београд) 6. Симпозијум Менаџмент квалитетом (21 ; 2018 ; Београд) 7. Машински факултет (Београд)
a) CIM системи - Зборници b) CAD/CAM системи - Зборници c) Машине алатке - Нумеричко управљање - Зборници d) Роботи - Зборници e) Флексибилни технолошки системи - Зборници f) Металопрађивачка индустрија - Управљање - Зборници g) Управљање квалитетом - Зборници

COBISS.SR-ID 264382732

ISBN 978-86-7083-978-6



9 788670 839786 >