

## Analiza i unapređenje proizvodnje transmitera u IHTM-u

MILOŠ VORKAPIĆ, MILOŠ FRANTLOVIĆ, MILOLJUB  
SMILJANIĆ, BOGDAN POPOVIĆ, DRAGAN  
TANASKOVIĆ, IHTM-CMTM, Centar za mikro  
elektronske tehnologije i monokristale, Beograd

Pregledni rad  
UDC:543.2.063:66.095.001.76=861

*U ovom radu je analizirana tehnologija proizvodnje IHTM-ovih transmitera u odnosu na ostale strane konkurente. QFD analiza nam daje kojim pravcem treba da se kreće proizvodnja domaćih transmitera. Inostrani proizvođači transmitera su lideri po kvalitetu izrade, dizajnu i osvajanju novih tehnologija. Prikazani rezultati govore o neophodnosti implementacije koncepta upravljanja kvalitetom u IHTM-u na osnovu serije standarda ISO 9001:2000, u funkciji poboljšanja konkurentne prednosti domaćih preduzeća. Konkutentnost domaćeg proizvođača transmitera u odnosu na inostrane mora da se ogleda u poboljšanju kvaliteta postojećih transmitera i uvođenju sistema kvaliteta ISO 9001:2000 kao i proširenje asortimana na nove tražene proizvode (SMART transmiteri).*

**Ključne reči:** *transmitter, SMART elektronika, kuća kvaliteta, QFD model, kontrola kvaliteta*

### 1. UVOD

U cilju merenja fizičkih veličina u industrijskim postrojenjima, razvijena je posebna vrsta elektronskih mernih instrumenata, čiji je tržišni naziv „industrijski” transmiteri. Industrijski transmiteri moraju da zadovolje posebne konstrukcione zahteve koji se tiču uslova rada u industrijskom okruženju. Transmiteri su izloženi atmosferskim uticajima, a pri tome moraju da budu otporni na moguća mehanička oštećenja. Transmiteri su pogodni za primenu u termoenergetskim postrojenjima, industriji nafte i gasa, hemijskoj, farmaceutskoj i prehrambenoj industriji, vodosnabdevanju, brodskim postrojenjima, crnoj i obojenoj metalurgiji, alatnim i transportnim mašinama, instalacijama grejanja i klimatizacije i drugim industrijskim i tehnološkim procesima.

Proizvodnja transmitera u IHTM-u započeta je 1992. godine i do sada je prodato 2074 raznih tipova u 140 organizacija. Najveći korisnik je JP EPS. Najviše transmitera pritiska 1205 je ugrađeno u TENT-A prilikom rekonstrukcije četiri bloka. Tabela 1, daje prikaz rezultata mernih mesta u JP EPS kako za termoelektreane tako i za hidroelektreane.

Adresa autora: IHTM-CMTM, Centar za mikroelektronske tehnologije i monokristale, Njegoševa 12, 11000 Beograd

Rad primljen: 16. 03. 2009.

Tabela 1 – Prikaz mernih mesta u JP EPS

Merena veličina	Elektroenergetski sistem			
	Termoelektreane		Hidroelektreane	
	Broj mernih mesta u %			
Temperatura	51.4	<b>86.9</b>	44.1	<b>90.3</b>
Pritisak fluida	25.3		20.6	
Pritisak, naprezanje	/		14.9	
Protok	10.2		10.7	

Merni instrumenti se prema načinu merenja mogu podeliti u dve osnovne grupe:





- U prvoj su instrumenti sa direktnim merenjem i pokazivanjem na samom mernom mestu.
- U drugu grupu spadaju instrumenti gde merni pretvarač mehaničke ili termodinamičke veličine pretvara u električnu veličinu. Kod instrumenata iz ove grupe merni pretvarač se nalazi na mernom mestu, a elementi obrade i pokazivanja rezultata nalaze se na drugom udaljenom mestu. Udeo ove grupe instrumenata u merenju neelektričnih veličina u termoelektreanama i hidroelektreanama je prikazan u tabeli 2.

Tabela 2 - Pregled upotrebe mernih pretvarača za merenje neelektričnih veličina

Instrumenti sa neposrednim merenjem	Termo elektrane	Hidro-elektreane
	31.2%	28.3%
Merni pretvarači	<b>68.8%</b>	<b>71.7%</b>

Na osnovu prikaza u tabeli 2 sledi da približno dve trećine merenja neelektričnih veličina u termoelektanama i hidroelektanama obavlja se primenom mernih pretvarača.

Tabela 3 – Transmiteri konkurenata na tržištu (peta tehnološka generacija)

SIEMENS	ENDRESS+HAUSER	ROSEMOUNT	YOKOGAWA
Nemačka	Nemačka	SAD	Japan
			
<b>Protokoli:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ HART</li> <li>▪ PROFIBUS</li> <li>▪ FOUNDATION FIELDBUS</li> </ul>		<b>Sertifikati:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ IEC 61508:2000</li> <li>▪ ISO 9001:2000</li> <li>▪ EEx ia IIC T4-T6</li> </ul>	

Najzastupljeniji način prenosa mernih rezultata kod industrijskih transmitera je analogni strujni signal, čija je vrednost u opsegu od 4mA do 20 mA, pri čemu je zavisnost tog signala od vrednosti merene veličine linearna. Ovaj sistem je već decenijama industrijski standard. Stariji tipovi industrijskih transmitera pripadaju trećoj tehnološkoj generaciji senzora. Oni sadrže elektronski sklop (pojačavač) koji vrši analognu obradu signala, a na izlaznim priključcima daje standardni strujni signal (4mA do 20mA). Takvi transmiteri se i dalje proizvode i koriste u industriji, a ugrađuju se na merna mesta gde nisu potrebne visoke performanse.

Primena mikroprocesora, A/D konvertora i drugih elektronskih komponenti sa malom potrošnjom struje, omogućila je nastanak novijih tipova industrijskih transmitera složenije konstrukcije. Oni na svom izlazu daju analogni strujni signal u opsegu od 4mA do 20mA, koji im služi i za napajanje. Kod ove vrste transmitera vrši se A/D konverzija električnog signala, zatim se obavlja digitalna obrada signala pomoću mikroprocesora, posle čega se vrši D/A konverzija, da bi se dobio analogni signal na izlazu. Ova vrsta transmitera pripada četvrtoj tehnološkoj gene-

## 2. TRŽIŠTE TRANSMITERA

Pored domaćih proizvođača, na tržištu su zastupljeni inostrani proizvođači industrijskih transmitera od kojih izdvajamo: SIEMENS, ENDRESS+ HAUSER, ROSEMOUNT, WIKA, SMAR, YOKOGAWA, HONEYWELL, JUMO... Ovi proizvođači prednjače po kvalitetu izrade, dizajnu i osvajanju novih tehnologija. U tabeli 3 dat je fotografski izgled industrijskih transmitera pritiska napomenutih konkurenata kao i prikaz protokola i sertifikata kojima konkurenti raspolažu.

raciji i uobičajen naziv za njih je „pametni” (*SMART*) transmiteri.

Krajem osamdesetih godina, razvojem digitalnih akvizicionih i upravljačkih sistema, nastala je potreba za digitalnom dvosmernom komunikacijom sa industrijskim transmiterima, što je dovelo do nastanka industrijskih komunikacionih 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. Oni pripadaju petoj tehnološkoj generaciji. IHTM - CMTM-ov industrijski transmiter pritiska (treća tehnološka generacija, slika 1) poseduje samo protiveksplozivnu zaštitu tipa EEx ia IIC T4-T6. IHTM-CMTM je jedini domaći proizvođač industrijskih transmitera koji je razvio, sertifikovao i plasirao na tržište sopstvene tipove transmitera sa protiveksplozivnom zaštitom.

Svaki transmiter, uopšteno, sastoji se iz tri dela: 1. merna komora (senzor), 2. prelazni komad, 3. kutija elektronike sa elektronikom.



Slika 1 – Industrijski transmiter pritiska ( proizvođač IHTM-CMTM)

Tabela 4, daje kratak opis oblika, dizajna, ukupne mase i materijala sklopa jednog industrijskog transmittera pritiska. Transmitteri konkurenata imaju lokalno očitavanje merene veličine putem LCD-a koji se nalazi u samom uređaju. Lokalni pokazivač je standardan i neodvojivi deo svakog transmittera, deo SMART elektronike. Dodatnim razvojem IHTM-ovih transmittera pritiska trebalo bi da se poveća konkurentnost na domaćem, ali i na stranom tržištu.

Da bi se to postiglo glavne smernice bi bile:

- poboljšanje kvaliteta postojećih transmittera i uvođenje sistema kvaliteta ISO 9001:2000;
- proširenje asortimana na nove tražene proizvode (SMART transmitteri).

Tabela 4 – Prikaz materijala i karakteristika industrijskog transmittera

Transmitter	Redni broj	1.	2.	3.	4.	5.
	Naziv	SIEMENS	ENDRESS +HAUSER	ROSEMOUNT	YOKOGAWA	IHTM-CMTM
	Težina (kg)	~ 1.5	~ 2.5	~ 2	~ 1.3	~ 2
Merna komora	Materijal	316L SST				Č.4575
	Oblik	cilindričan				četvrtast
	Procesni priključak	istog oblika				
Kutija elektronike	Materijal	silumin				AlCu4MgMn
	Izrada	odlivak				pun materijal
	Površinska zaštita	plastifikacija				eloksiranje
	SMART elektronika	ima				nema
	Klasa tačnosti	0.1				0.6
	Napajanje (VDC)	10.5-30	10.5-30	10.5-36	10.5-36	14-26
	Izlaz (4-20 mA)	istog opsega				
	Mehanička 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	

### 3. QFD – MODEL ZA UNAPREĐENJE PROIZVODNJE TRANSMITERA

Glavni cilj bilo kog proizvodnog preduzeća je da pre konkurenata izbaci na tržište novi proizvod sa

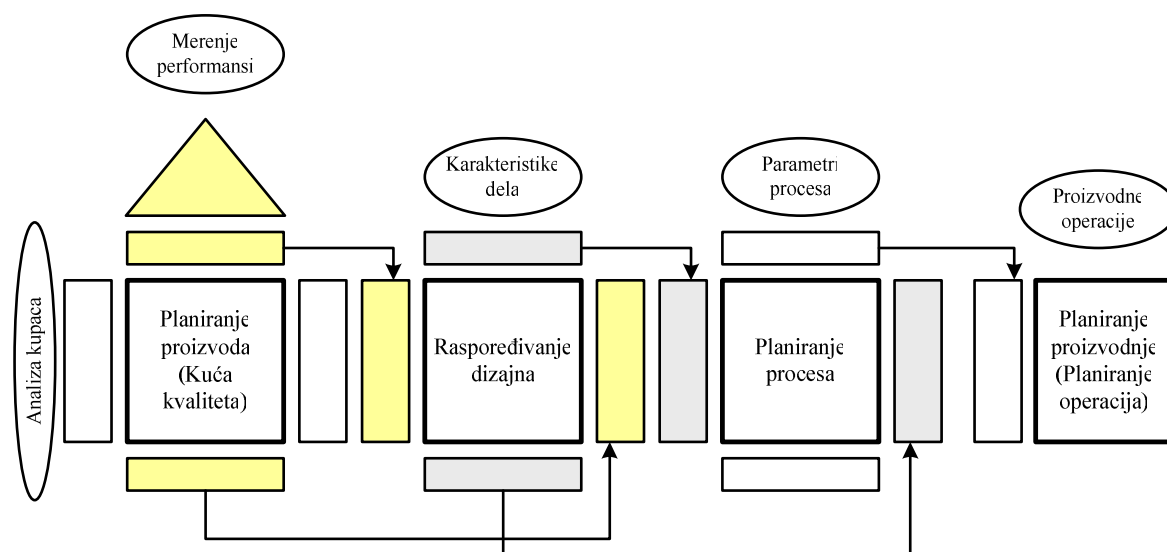
boljim karakteristikama (kvalitetom) i po što prihvatljivijim cenama. Jedan od mehanizama da se postigne je primena QFD-a (Quality Function Deployment - razvijanje funkcije kvaliteta). QFD se

može smatrati sistemom inženjerskih procesa koji transformišu želje kupca u jezik razumljiv na svim nivoima projekta, da bi se one kroz kvalitet ugradile u proizvod. QFD treba da poveže viđenje proizvoda i njegovih karakteristika od strane kupaca sa inženjerskom specifikacijom karakteristika proizvoda. Široko se koristi za sve vrste proizvoda, usluge ili nešto drugo. QFD može pomoći da:

- se definiše specifikacija proizvoda koja zadovoljava potrebe kupaca i vodi računa o konkurenciji;

- se obezbedi veza između zahteva kupaca i merljivih karakteristika proizvoda;
- kvalitet konačnog proizvoda zavisi od kvaliteta u svakoj fazi razvoja;
- se obezbedi konzistentnost između planiranog i ostvarenog;
- se obezbedi mnogo brža realizacija proizvoda.

QFD u svojoj izvornoj varijanti predstavlja metodu koja se sastoji od četiri faze: 1. kuća kvaliteta, HOQ (House of Quality), 2. raspoređivanje dizajna, 3. planiranje procesa i planiranje proizvodnje, slika 2.



Slika 2 – Faze QFD-a

#### Elementi kuće kvaliteta

**Nivo značajnosti** - Proračun u QFD matrici počinje definisanjem značajnosti za svaku od potreba kupaca. U procesu ispitivanja anketirani kupci su definisali značajnost svake potrebe. Ova vrednost se označava kao **RoI** (Rate of Importance). **Ukupno zadovoljstvo** - Računanje ukupnog zadovoljstva **OS** (Overall Satisfaction) vrši se kao odnos ciljne vrednosti i ocene proizvoda kompanije. **Uticaj na kupovinu** - Sledeći korak je procena uticaja određene potrebe kupaca na kupovinu proizvoda, **SP** (Sales Point). **Težinski koeficijent** - Kao poslednja kolona koja se pojavljuje sa desne strane i koja se odnosi na potrebe kupaca je težinski koeficijent svake potrebe. Ovaj koeficijent **Wa** (Weightattribute) predstavlja proizvod značajnosti, ukupnog zadovoljstva i faktora uticaja na prodaju.

$$W_a = RoI \cdot OS \cdot SP \quad (1)$$

**Ukupni težinski koeficijent** - Na kraju se računa ukupni težinski koeficijent za parametar dizajniranja  $i$  kao:

$$W_i = \sum_{j=1, n} W_{ai} \times W_{ij} \quad (2)$$

gde je:

$j$  broj potreba kupaca koje pokriva parametar dizajniranja  $i$ . Moguće je izračunati i **relativni težinski koeficijent** u procentima kao:

$$W_{ri} = \frac{W_i}{\sum_{i=1, k} W_i} \quad (3)$$

PRAVAC DELOVANJA																	OCENA KUPACA																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																	
KAKO	ŠTA	ZNAČAJ ZA KUPCA	PARAMETRI DIZAJNIRANJA																														
			Merna komora			Kutija elektronike						Tehničke karakteristike																					
			Materijal	Oblik	Procesni priključak	Materijal	Obrada poklopca	Površinska zaštita	SMART elektronika	Boja	Čeono zaprtivanje	Klasa tačnosti	Nazivni pritisak	Napon napajanja	Mehanička zaštita	Veza sa računarom	Radna temperatura	SIEMENS	YOKOGAWA	SMAR	IHTM-CMTM												
																		1	2	3	4	5											
Proizvodnja transmitera	Okolina	Sertifikat o kvalitetu	5	1			9	3	9			9	3	3	3	9	1		◇			△□	○										
		Cena	5	3	9	1	9	9	1	9	1	3	9	9		3	9			□	△	◇	○										
		Usluge	5				9	3		9	9			9			9			◇			△	□○									
		Rokovi isporuke	5	0			9	9	3	3				3						◇			△	□○									
		Poudanost u radu	4			3		9			9		9	9	9	9	9	9			◇		△	□○									
		Jednostavna upotreba	4		9			9			9		9	3		3		9				△□	○	◇									
	Proizvodnja	Specijalne funkcije	3				9			9		3		1	1		9	3			◇		△□	○									
		Kvalitet izrade	5	9			9	9	9	9	9	9	9	1	1	1	9					◇	○	△□									
		Zamenljivost delova	3		3	9		3	1	9		3		3	3		9				△	○	◇	□									
		Novi proizvod	4				9	9	9	9		3	9	3	1	3	9	3			◇			△□	○								
	Kadar	SMART transmier	5		3	1	9			9			9	9	9	9	9	9		◇			△□	○									
		Ispitivanje u laboratoriji	3					3			9		9	9	3	9	9	9					△	◇	□○								
		Lako održavanje	4				3	9			9		9	1	1		9	1			△		◇	○									
	Op	Servis	5				3			3		9		9	3		9	1			△□	◇		○									
		Dokumenta	3				9			9			9	3	3	9	9	1			◇		○	△□									
ORGANIZACIONA TEŠKOĆA					5		1	1	5	5	3	5	3	4	3	4	2	5	5			2											
CILJNI TEHNIČKI ZAHTEVI					Nerdajući čelik (316L - SST)		Cilindričan (četvrtasti)		Specijalizovan		Silumin (AlCu4MgMn-D5)		Strugarski zahvati		Plastičiranje (emajliranje)		Display sa 5 cifara		Pastelna, jarka i izražajna		Kvalitetna crna guma		0.1 (0.6)		400 bar		14-16 V DC		IP 65, 67		Fieldbus, Profibus		-20...+70
TEHNIČKA OCENA	△	SIEMENS	5		△□	◇	△□	○	△□	◇	△□	◇	△□	◇	△□	◇	△□	◇	△□	◇	△□	◇	△□	◇	△□	◇	△□	◇	△□	◇	△□	◇	
	□	YOKOGAWA	4																														
	○	SMAR	3																														
	◇	IHTM-CMTM	2																														
			1																														
APSOLUTNI ZNAČAJ					187.5		354		100.67		916.25		1835.25		465.17		1518.75		297.92		624.5		1341		1294.25		770.5		769		1835.25		712
RELATIVNI ZNAČAJ %					1.4		2.7		0.8		7.0		14.1		3.6		11.7		2.3		4.8		10.3		9.9		5.9		5.9		14.1		5.5

Slika 3 – Kuća kvaliteta IHTM-CMTM-a



Na osnovu dobijenih rezultata relativnih značaja u Matrici razvijanja procesa (slika 5), možemo zaključiti da su aktivnosti, organizacija poslova (16,63%), proces realizacije gotovog proizvoda

(14,27%) i proces pakovanja – sklapanja elemenata (14,27%), najvažnije za ispunjavanje uslova za poboljšanje proizvodnje transmitera.

		RELATIVNI ZNAČAJ	Proces proizvodnje transmitera							
			Planiranje	Priprema	Izrada	Ispitivanje	Pakovanje	Organizacija	Realizacija	Evaluacija
Parametri dizajniranja	Materijal	1,4	9	9	9		3			3
	Oblik	2,7		3	9	1	3			9
	Procesni priključak	0,8	3	1	9		9		9	
	Materijal	7,0	9	9	9		9		3	9
	Obrada poklopca	14,1		9	9	9	9		9	9
	Površinska zaštita	3,6	3	9	9	3	1	3	9	9
	SMART elektron.	11,7	9	9	9	9	9	9	9	9
	Boja	2,3	1	3	3		1		3	9
	Čeono zaptivanje	4,8	9	9	9	9	9		3	9
	Klasa tačnosti	10,3	9	9	9	9		3	9	3
	Nazivni pritisak	9,9	9	3	9	9			3	9
	Napon napajanja	5,9			9	3	3	3	3	
	Mehanička zaštita	5,9	9	9	9	9		1	3	3
	Veza sa računarnom	14,1	9	9	9	9	9	9	9	9
Radna temperatura	5,5	1	3		9		3	9	3	
CILJNE VREDNOSTI			Kako i kojim redosledom	Materijal, mašine, alat, dokumentacija	Proces izrade delova	Merna laboratorija	Sklapanje delova	Organizacija poslova	Gotov proizvod	Novo tehnologije
APSOLUTNI ZNAČAJ KOLONE		593,7	718,1	836,7	717,9	508,4	314	641,1	701,1	5031
RELATIVNI ZNAČAJ KOLONE %		13,94	12,74	6,24	10,11	14,27	16,63	14,27	11,80	100%

Slika 5 – Matrica razvijanja procesa

Laboratorijska ispitivanja su potvrdila da prototip ispunjava sve postavljene projektne zahteve. U toku su ispitivanja u uslovima industrijske primene. Na osnovu opisanih aktivnosti stvoreni su uslovi za uvođenje novog proizvoda: „inteligentnog” transmitera pritiska sa HART protokolom.

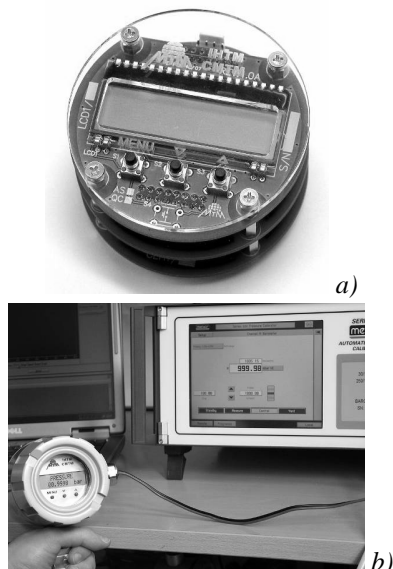
Ovim radom smo hteli da povežemo tri strateške funkcije: marketing, istraživanje i razvoj i kvalitet. Neophodno je da bi IHTM ostvario stabilnu tržišnu poziciju i razvoj mora da poseduje visoki stepen koordinacije pomenutih poslovnih funkcij. Konkurencija neprestano postavlja rigorozne zahteve u pogledu kvaliteta izrade i pouzdanosti u radu. Ulaganje

izuzetnih napora u cilju optimizacije poslovnih funkcija marketinga, istraživanja i razvoja i kvaliteta i njihovog zajedničkog delovanja, se ogleda kroz:

- ostvarivanje svetske klase kvaliteta proizvoda i usluga,
- razvijanje proizvodnog programa koji se bazira na rezultatima sopstvenog razvoja,
- postizanje visokog stepena fleksibilnosti razvojnog i proizvodnog potencijala preduzeća.

U CMTM-u se osigurava da se ispune zahtevi kako bi se ostvarilo povećanje zadovoljstva korisnika primenom utvrđenih procedura, vodeći računa o:

- ispunjenju zahteva i očekivanja kupaca i stalnim unapređenjem kvaliteta u realizaciji naučno-istraživačkih projekata, razvoju proizvoda i proizvodnji proizvoda;
- prenošenjem kroz organizaciju značaja zadovoljavanja zahteva korisnika;
- redovnim kontaktima i razmenom informacija sa korisnicima.



Slika 6 – SMART transmitter: a) SMART elektronika, b) demonstracija rada

Analizu zahteva kupaca u vezi sa plasmanom proizvoda na tržište kao i identifikacija određenih problema ili pojava svakako je dobar pokazatelj kojim putem CMTM treba da se se kreće. Kvalitet poslovanja podrazumeva upravljanje kvalitetom poslovanja preduzeća, identifikovan kroz poštovanje međunarodnih standarda kvaliteta.

## LITERATURA

- [1] Mijatović S., Upravljanje privrednim investicijama, Ekonomski fakultet, Srpsko Sarajevo, 2001.
- [2] Đorđević D., Đekić I., Analiza interakcije razvoja informacionih tehnologija i razvoja kvaliteta, 25. JUPITER konferencija, „Kvalitet“, Beograd, 1999., str. 107-111
- [3] Popović B., Klarin M., Projektovani kvalitet proizvoda, Mašinski fakultet, Beograd, 2004.
- [4] <http://siemens.com>
- [5] <http://www.wika.com>
- [6] <http://www.endress.com/corporate>
- [7] <http://www.process-controls.com>
- [8] <http://www.yokogawa.com>
- [9] <http://www.jumo.co.uk>
- [10] Kotler P., Kako kreirati, ovladati i dominirati tržištem, Adizes, Novi Sad, 2003.
- [11] Žugić Ž., Dijagnostika i održavanje kod računarski upravljanih sistema, XXIII Jugoslovenski majski skup „Održavanje tehničkih sistema“, 20.-22. maj 1998., Kragujevac, str. 147-152
- [12] Rac A., Proaktivno održavanje – novi pristup u održavanju mašinskih sistema, XXIII Jugoslovenski majski skup „Održavanje tehničkih sistema“, 20.-22. maj 1998., Kragujevac, str. 805-810
- [13] Vulanović V., Stanivuković D., Kemberović B., Radaković N., Maksimović R., Radlovački V., Šilobad M., Metode i tehnike unapređenja kvaliteta, FTN, Novi Sad, 1998.
- [14] JP EPS, Elaborat TE „Nikola Tesla“, Merljive veličine u pogonu, Beograd, 2000.
- [15] M. Vorkapić, Model za unapređenje procesa proizvodnje transmitera, magistarski rad, Mašinski fakultet u Beogradu, 2007.
- [16] M. Frantlović, Z. Đurić, M. Smiljanić, Industrijski prototip inteligentnog transmitera pritiska, 2007.

## SUMMARY

### ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF PRODUCTION TRANSMITTERS IN IHTM

*In this paper analyzes the technology of production of these IHTM transmitters in relation to the other side of competition. QFD analysis gives us the direction to be moving production of local transmitters. Foreign manufacturers of transmitters are the leaders of the quality, design and new technology. The results speak about the necessity of implementation of quality management in IHTM-in based on the ISO 9001:2000 series of standards, in terms of improving the competitive advantages of domestic companies. Competitiveness of domestic manufacturer of transmitters in relation to the overseas must be reflected in the improvement of existing transmitters, and the introduction of quality system ISO 9001:2000 as well as expansion of the range of new products required (SMART transmitters).*

**Key words:** transmitter, SMART electronics, House of Quality, QFD model, Quality Control