

Novi študijski program biomedicinske tehnike na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani

Tomaž Jarm, Damijan Miklavčič

*Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška 25, 1000 Ljubljana, Slovenija
E-pošta: tomaz.jarm@fe.uni-lj.si, damijan.miklavcic@fe.uni-lj.si*

Povzetek. Biomedicinska tehnika je v zadnjih letih v svetovnem merilu eno najhitreje rastočih in razvijajočih se področij tehnike. Na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani ima to področje pomembno in dolgoletno tradicijo tako v raziskovalnem kot v pedagoškem pogledu. Z nedavno prenovno študijskih programov v skladu z Bolonjsko deklaracijo je področje biomedicinske tehnike tudi v Sloveniji dobilo samostojno študijsko smer v okviru drugostopenjskega študija na Fakulteti za elektrotehniko, ki bo prvič stekel v študijskem letu 2012/13. Priprava novega študijskega programa biomedicinske tehnike je potekala vzporedno z izvajanjem mednarodnega projekta, namenjenega prenovi in harmonizaciji študijev biomedicinske tehnike v Evropi. Eden glavnih ciljev tega projekta (Tempus IV Project: Curriculum Reformation and Harmonisation in the field of Biomedical Engineering – CRH-BME) je izdelati priporočila za prenovno obstoječih in pripravo novih programov biomedicinske tehnike. Zato je novi študijski program biomedicinske tehnike na Fakulteti za elektrotehniko v celoti usklajen tudi s priporočili tega projektne konzorcija.

Ključne besede: biomedicinska tehnika, študijski program, visokošolsko izobraževanje, harmonizacija

The new biomedical engineering study program at Faculty of Electrical Engineering of University of Ljubljana

In the last years, the field of biomedical engineering (BME) has been one of the fastest growing and developing engineering fields, world-wide. It also has an important and long-lasting tradition at the Faculty of Electrical Engineering of University of Ljubljana in both research and education. During the recent process of renewal of the current study programs to comply with the Bologna declaration the BME field has been adopted as a 2nd cycle study program. It will be offered to the students for the first time in the study year 2012/13. Preparations for the new BME study program have been running in parallel with the activities of an international project on modernization and harmonization of BME programs in Europe. One of the main objectives of this project (Tempus IV Joint Project: Curriculum Reformation and Harmonisation in the field of Biomedical Engineering – CRH-BME) is to propose the guidelines for updating the existing and formation of new BME study programs. The new BME study program adopted at the Faculty of Electrical Engineering complies with the CRH-BME recommendations.

1 UVOD

Biomedicinska tehnika (BMT) je most med različnimi tehničnimi področji na eni strani in medicino in biologijo na drugi. Probleme, s katerimi se srečujeta medicina in celoten zdravstveni sektor, pomaga reševati z inženirskimi pristopi. Biomedicinska tehnika je relativno mlada disciplina in se še uveljavlja kot samostojno strokovno in znanstveno področje. Njeni

glavni značilnosti sta izrazita interdisciplinarnost in zelo hiter razvoj ter diverzifikacija v številna vedno bolj specializirana podpodročja. To zadnje je še posebej očitno v zadnjem času in se odraža v skokovitem napredku pri razvoju novih diagnostičnih in terapevtskih postopkov ter naraščajoči vlogi informacijsko-komunikacijskih tehnologij pri obravnavi pacientov. Potreba po strokovnjakih BMT v medicini in na drugih področjih povezanih z zdravstvom, povsod v razvitem svetu narašča. Leta 2006 je v Evropi samo industrija medicinskih naprav zaposlovala več kot 400.000 ljudi, medtem ko je število vseh zaposlenih v zdravstvu in sociali v istem času dosegalo število 20 milijonov [1]. Kot posledica naraščajočih potreb po novih inženirskih BMT in nastajanja novih specialističnih podpodročij znotraj BMT se povečuje tudi število univerz in drugih visokošolskih ustanov, ki ponujajo najrazličnejše oblike študija BMT. Nedavna evropska študija je tako pokazala, da na evropskih univerzah trenutno obstaja več kot 300 različnih študijskih programov biomedicinske tehnike, kar je kar trikratno povečanje glede na čas pred desetimi leti [2].

Študijski programi biomedicinske tehnike so se na večini univerz razvili iz ene od tradicionalnih tehniških disciplin, predvsem iz elektrotehnike, strojništva ali kemije. Zato je za številne programe značilno, da dajejo poudarek vsebinam, ki so blizu matični tehniški disciplini. Tako imajo na primer programi, ki izvirajo iz prepleta elektrotehnike in medicine, pogosto poudarek

na biomedicinski inštrumentaciji in elektroniki, medicinskih slikovnih tehnikah ter obdelavi biomedicinskih slik in signalov. V programih BMT, ki izvirajo iz strojništva, je običajno velik poudarek na biomehaniki in transportu tekočin in plinov v bioloških sistemih in na inštrumentaciji. V programih BMT, ki izvirajo iz kemije, pa so pogosto močnejše zastopana področja biomaterialov, biokemije ter celične in tkivne tehnike. Seveda pa imajo vsi ti programi kljub vsemu številne skupne lastnosti in vsebine.

Profil biomedicinskega inženirja torej vključuje strokovnjake z zelo različnih specialističnih področij, kljub temu pa imajo skupne značilnosti, ki jih ločijo od inženirjev drugih disciplin. Tako mora inženir BMT med študijem pridobiti ustrezno poznavanje ter spretnosti za uporabo inženirskih in fizikalnih principov v poklicnem delu. Toda v nasprotju z drugimi inženirji mora biti inženir BMT usposobljen to znanje uporabiti za reševanje problemov v medicini, kar pomeni, da mora biti čvrsto inženirsko predznanje nadgrajeno s poznavanjem zakonitosti in principov živih organizmov. Zaradi te interdisciplinarnosti zato ni nenavadno, da se večina študijskih programov BMT v svetu pojavlja šele na 2. ali 3. stopnji (magistrska in doktorska stopnja), kot študente pa privabljajo predvsem diplomante tradicionalnih tehniških disciplin. Narašča pa tudi število programov BMT 1. stopnje (dodiplomski študij). V ZDA, kjer je področje BMT najbolj razširjeno in uveljavljeno, velja na nekaterih univerzah študij BMT na dodiplomski stopnji za najboljše izhodišče za poznejši študij medicine.

Na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani ima biomedicinska tehnika dolgoletno tradicijo. Ustanovitev Laboratorija za biomedicinsko tehniko in biokibernetiko v 60. letih 20. stoletja pomeni začetek visokošolskega študija in raziskav na področju biomedicinske tehnike v Sloveniji [3]. V prvem obdobju delovanja je bilo glavno področje delovanja funkcionalna električna stimulacija, ki je takratno ljubljansko skupino pod vodstvom ustanovitelja profesorja Lojzeta Vodovnika uveljavila v svetovnem merilu. Leta 1977 je bil v okviru univerzitetnega programa elektrotehnike in znotraj študijske smeri Avtomatika tudi formalno ustanovljen študijski modul *Kibernetika v medicini* z naborom biomedicinsko naravnanih predmetov, ki je tako postal primerljiv s programi biomedicinske tehnike na nekaterih drugih univerzah. Z leti se je širil tudi krog laboratorijev in raziskovalnih skupin na fakulteti, ki so aktivni tudi na področju biomedicinske tehnike.

Vse do danes se modul Kibernetika v medicini izvaja v zadnjih dveh letnikih petletnega dodiplomskega študija elektrotehnike. Po nedavni prenovi študijskih programov pa bo ta študijski modul nadomeščen z razširjeno in samostojno študijsko smerjo *Biomedicinska tehnika* na 2. stopnji univerzitetnega programa Fakultete za elektrotehniko [4]. S tem bomo dobili prvi formalni študij biomedicinske tehnike v

Sloveniji, ki se bo prvič izvajal v študijskem letu 2012/13.

2 PRIPOROČILA ZA PROGRAME BIOMEDICINSKE TEHNIKE V EVROPI

Ker je biomedicinska tehnika še vedno relativno mlada disciplina, ki se poleg tega tudi zelo hitro razvija in širi na nova področja, je bilo v svetu že več poskusov (predvsem v ZDA in Evropi), da bi postavili okvire in kriterije za definicijo študijskih programov biomedicinske tehnike, ki bi to disciplino dovolj jasno opredelili glede na druge tradicionalnih tehniških disciplin [5,6]. V Evropi imamo s tem več težav, predvsem zaradi velikih razlik med državami, medtem ko je v ZDA to področje že dalj časa trdno uveljavljeno. V Evropi so programi biomedicinske tehnike in/ali kliničnega inženirstva (ena od poddisciplin BMT) najbolj razširjeni v Veliki Britaniji in Italiji. V Evropi je bilo zato že v preteklosti vloženega veliko navora za harmonizacijo študija biomedicinske tehnike, vključno z razvojem kriterijev, ki se tičejo organizacije izobraževanja, akreditacij in podeljevanja strokovnih nazivov (podobno kot je to urejeno za medicino). Med letoma 1996 in 2000 je tako tekel velik evropski projekt v okviru programa SOCRATES z naslovom TEMPERE – Thematic network or Training and Education in Medical Physics and Biomedical Engineering [7]. Iz leta 2004 pa izvira vseevropska iniciativa BIOMEDEA – Biomedical and Clinical Engineering Education, Accreditation, Training and Certification, ki je potekala v sodelovanju s krovno svetovno organizacijo biomedicinskih inženirjev IFMBE in pod pokroviteljstvom WHO [5].

Zadnja tovrstna pobuda, ki gradi na predhodnem delu in izkušnjah predvsem projekta TEMPERE, je projekt v okviru evropskega programa TEPUS IV *CRH-BME – Curricula Reformation and Harmonisation in the Field of Biomedical Engineering* [8], ki teče od leta 2009 in se končuje leta 2012. V projektu sodelujejo predstavniki 25 univerz iz 20 držav iz EU in partnerskih držav. Eden glavnih ciljev konzorcija CRH-BME je predlagati priporočila za ustanavljanje novih in posodabljanje obstoječih študijskih programov BMT. Ta naj bi po eni strani omogočal harmonizacijo programov (skupna oziroma primerljiva izhodišča) ter hkrati omogočal komplementarnost (izkoriščanje specifičnih razlik) med njimi na različnih univerzah ter tako spodbujal mobilnost študentov in učiteljev, kar je eden od ciljev vzpostavitve evropskega visokošolskega prostora (EHEA – European Higher Education Area [9]).

2.1 Vrste programov BMT

Projektna skupina CRH-BME je ob analizi trenutnega stanja in pričakovanj v prihodnje identificirala potrebo po petih različnih tipih študijskih programov, ki jih prikazuje tabela 1, v kateri so krediti ECTS za vsak tip

programa porazdeljeni med deset vsebinskih kategoriji. Predlagani tipi programov so [10]:

- A) Samostojni program BMT 1. stopnje. Namenjen je zadostitvi naraščajočih potreb industrije in zdravstva za takoj zaposljive inženirje BMT. Lahko je izhodišče za nadaljevanje študija na 2. stopnji BMT ali katere druge tehniške discipline.
- B) Samostojni program BMT 2. stopnje (za diplomante 1. stopnje drugih tehniških disciplin ali fizike). Najpogostejša oblika programov BMT. Od študentov tega programa se ob vstopu pričakuje trdno inženirsko, matematično in fizikalno predznanje, toda nič ali malo predznanja univerzitetne ravni iz medicine in biologije.
- C) Samostojni program BMT 2. stopnje (za diplomante 1. stopnje BMT). Izhodiščno predznanje študentov je nekoliko drugačno kot pri tipu B, kar se odraža v različnih deležih osnovnih vsebin tehnike in biomedicine v tabeli 1. Končno znanje in spretnosti diplomantov programov tipov B in C so podobni ali enaki.
- D) Samostojni program BMT 2. stopnje (za diplomante 1. stopnje biologije ali medicine). Potreba po tem tipu programov narašča zaradi tehnološkega napredka in specifik na nekaterih področjih klinične medicine ter v laboratorijih, kjer je specialistično znanje BMT prednost (ortopedija, rehabilitacija, plastična kirurgija, ...). Diplomanti programa tega tipa po inženirskem znanju seveda ne dosegajo tistih pri tipih B, C in E.
- E) Integrirani program BMT 1. in 2. stopnje. Alternativa programom tipov B in C. Prednost integriranega programa je v večji fleksibilnosti in večji širini ali globini vsebine, ker ni prekrivanja v vsebini, ki je neizogibna pri kombinaciji samostojnih programov 1. in 2. stopnje.

Ker bodo med univerzami vedno obstajale razlike v ekspertizi in možnostih za izvajanje programov BMT, je priporočeno, da lahko število kreditov v posamezni kategoriji iz tabele 1 odstopa od priporočenih za do 25 % (ali do 10 kreditov). V zadnji vrstici tabele 1 je navedeno samo *najmanjše dopustno* skupno število kreditov za vsak tip programa. Ker mora biti skupno število kreditov 1. in 2. bolonjske stopnje 300, mora bodisi samostojni program 1. ali 2. stopnje zagotoviti dodatnih 30 kreditov. V praksi bo na večini univerz študij na 2. stopnji tisti, ki bo dejansko prinesel 120 kreditov, največkrat v obliki dveletnega študija.

Razlike med tipi programov v številu kreditov v posamezni kategoriji (tabela 1) odražajo predvsem razlike v predznanju, ki se od študentov pričakuje ob vpisu, ter glavni izobraževalni cilj programa. Tako pri tehniško-fizikalnih kot biomedicinskih vsebinah so krediti razdeljeni med osnovne predmete (kategoriji 1 in 3) ter uporabne predmete (kategoriji 2 in 4). Uporabno

naravnani predmeti gradijo na osnovnih, snov pa podajajo z jasno navezavo na uporabo v praksi. Predmeti kategorije 5 so uvod v študij BMT ali pa vključujejo ozka specialistična področja BMT. Kategorije 6–9 vključujejo različna netehniška "prenosljiva" znanja in spretnosti, ki jih potrebujejo inženirji BMT za delo v interdisciplinarnem okolju. Poudariti je treba medicinski etični vidik, s katerim se drugi inženirji ne srečujejo. Študij v vsakem programu BMT se mora obvezno končati s samostojnim, toda vodenim raziskovalnim ali razvojnim projektom, ki vodi do diplome (kategorija 10) [10].

Tabela 1: Predlog generičnih tipov študijskih programov BMT za 1. in 2. stopnjo bolonjskih programov. Števila pomenijo število kreditov ECTS.

Vsebinska kategorija	Tipi programov*				
	A	B	C	D	E
1. Osnove tehnike in fizikalnih znanosti	70	5	15	20	100
2. Tehnika in fizikalne znanosti za uporabo v BMT	20	10	10	10	40
3. Osnove biologije in biomedicinskih znanosti	15	20	5	5	25
4. Biologija in biomedicinske znanosti za uporabo v BMT	20	10	10	10	30
5. Uvod v BMT in specializacija v BMT	30	15	20	15	60
6. Splošna generična znanja					
7. Etika (splošna, medicinska, raziskovalna)					
8. Management in zagotavljanje kakovosti	10	5	5	5	15
9. Obiski iz/v podjetjih; seminarji					
10. Raziskovalno ali projektantsko delo na področju BMT za diplomu	15	25	25	25	30
Min. skupno št. kreditov ECTS*	180	90	90	90	300

*Glej razlago v besedilu.

2.2 Generični predmetnik BMT

V preteklosti so bili že večkrat predlagani nabori vsebin oziroma predmetov, ki naj bi neki študijski program opredeljevali kot program biomedicinske tehnike [5,7]. Projektna skupina CRH-BME je ob upoštevanju preteklih tovrstnih pobud in pregledu trenutnega stanja in Evropski ZDA predlagala nabor sedmih *temeljnih tem* (ang. *core topics*) v predmetnikih biomedicinske tehnike [10]. Pri tem je pojem *teme* opredeljen kot širša kategorija od *predmeta*. Posamezna *temeljna tema* je lahko v konkretnem predmetniku realizirana z več kot enim predmetom, odvisno od namena in razpoložljivih možnosti konkretnega programa. Ne glede na tip ali stopnjo programa (1. ali 2.) naj bi po priporočilu skupine CRH-BME vsak študijski program BMT v zadostni globini in širini vseboval *vsaj štiri* temeljne teme, ki so (v abecednem vrstnem redu):

- a biomateriali,
- b biomedicinske naprave in senzorji,
- c biomehanika,

- d informacijske in komunikacijske tehnologije v medicini in zdravstvu,
- e medicinske slikovne tehnike in obdelava slik,
- f načrtovanje, preizkušanje in upravljanje tehnologije v zdravstvu,
- g obdelava biomedicinskih podatkov in signalov.

V predlogu CRH-BME so temeljne teme podrobno opisane, tako da so za vsako podani splošni cilj ter pričakovani rezultati, kot primer praktične implementacije, pa so podani tudi konkretni predmetniki predmetov, ki spadajo k posamezni temeljni temi. Poleg temeljnih tem je v projektni dokumentaciji podan še odprt (ne dokončen) seznam izbirnih tem, s katerimi programi BMT dopolnijo svoje programe v celoto [10].

3 ŠTUDIJSKI PROGRAM BIOMEDICINSKE TEHNIKE NA FAKULTETI ZA ELEKTROTEHNIKO

Ob prenovi študijskih programov na Fakulteti za elektrotehniko je bila smer biomedicinska tehnika vključena kot ena izmed sedmih smeri v programu podiplomskega študija elektrotehnike na 2. stopnji, ki se bo začel izvajati v študijskem letu 2012/13 [4]. Predmetnik za smer biomedicinska tehnika je oblikovala Katedra za biomedicinsko tehniko, ki je tudi odgovorna za izvedbo programa, pri izvajanju pa bodo sodelovale tudi druge katedre. Tabela 2 prikazuje predmetnik smeri BMT, pri čemer lahko študenti izbirne predmete nadomestijo tudi s predmeti z drugih smeri ali celo drugih študijskih programov [4].

Novi program biomedicinske tehnike pripada tipu B programov BMT, kot jih predvidevajo priporočila konzorcija CRH-BME. Gre torej za samostojni program 2. stopnje, ki je v prvi vrsti namenjen študentom, ki so na 1. stopnji diplomirali na programu ene od tehniških smeri ali fizike. Iz tabele 2 je razvidno, da novi program BMT tudi po vsebinski plati ustreza priporočilom CRH-BME. V zadnjih dveh stolpcih so kot indikator te ustreznosti podane številne oznake vsebinskih kategorij iz tabele 1 ter črkovne oznake temeljnih tem, kot jih definirajo priporočila CRH-BME. Pri tem je v tabeli 2 prikazana le najbolj očitna pripadnost predmetov eni ali več od kategorij ali temeljnih tem. Glede na to, da so v tabeli 1 predvidena odstopanja znotraj vsebinske kategorije do 25 % oziroma 10 kreditov, ta novi program BMT v celoti ustreza kriterijem. Prav tako lahko ugotovimo, da predmetnik vključuje najmanj pet od sedmih definiranih temeljnih tem, torej ustreza tudi temu kriteriju.

Glede na to, da je ta program BMT nastal in ga bomo izvajali na Fakulteti za elektrotehniko, je v predmetniku poudarek na predmetih, ki so z elektrotehniko tesneje povezani. Predvsem so močno zastopana področja biomedicinske inštrumentacije, meritev, slikovnih tehnologij ter obdelave in analize slik in signalov. Taka

navezava programov BMT na eno od tradicionalnih tehniških disciplin je pogosta tudi na drugih univerzah. Ker se od študentov pričakuje predznanje iz biologije in medicine le na ravni srednje šole, so v program BMT vključena tudi dodatna izbrana poglavja iz biologije in medicine, ki jih vsebujeta predvsem predmeta Biološki sistemi in Nevrokibernetika, v manjši meri pa tudi nekateri drugi predmeti.

Tabela 2: Predmetnik študija BMT na Fakulteti za elektrotehniko. Oznaka (ob/iz) pred imenom predmeta označuje, ali je predmet obvezen ali izbiren [4]. Zadnja dva stolpca ilustrirata kompatibilnost predmetnika s priporočili projektne skupine CRH-BME glede na kategorije vsebin podanih v tabeli 1 (stolpec I) in glede na seznam sedmih temeljnih tem BMT v generičnem predmetniku (stolpec II).

Letnik, semester, predmet	ECTS	CRH-BME	
		I	II
1. LETNIK	60		
<i>1. semester</i>	30		
(ob) Biološki sistemi	6	3,4	
(ob) Biomedicinska informatika	6	2,5,7	d,g
(ob) Meritve in senzorji v biomedicini	6	2	b
(ob) Biomedicinska elektronika	6	2	b
(iz) Numerične metode v elektrotehniki in biomedicini	6	1,2	
<i>2. semester</i>	30		
(ob) Nevrokibernetika	6	3,4	
(ob) Obdelava biomedicinskih signalov	6	2	g
(ob) Biomedicinske slikovne tehnologije	6	2	e
(iz) Roboti v stiku s človekom	6	2,5	
(iz) Biomehanika	6	2	c
2. LETNIK	60		
<i>3. semester</i>	30		
(ob) Analiza medicinskih slik	6	2,5	e
(ob) Inteligentne metode raziskovanja podatkov v biomedicini	6	2,5	d,g
(ob) Bioelektromagnetika	6	2,4	
(ob) Seminar iz biomedicinske tehnike	6	5,7,9	
(iz) Komunikacija v razvoju in raziskavah	6	6	
<i>4. semester</i>	30		
(ob) Magistrsko delo	30		
SKUPAJ	120		

4 RAZPRAVA

Industrija, povezana z biomedicinsko tehniko ter zdravstvenim sektorjem v celoti, je ena najhitreje rastočih sodobnih industrij na svetu. Pomemben razlog za to je staranje prebivalstva in s tem naraščajoča incidenca različnih kroničnih obolenj. Drugi pomemben razlog za rast pa je izjemno hiter razvoj novih tehnologij na tem področju. Po poročanju Wall Street Journala [11], ki je povzel najnovjšo izdajo Ministrstva za delo ameriške vlade Occupational Outlook Handbook 2010-

11 [12], bo poklic biomedicinskega inženirja v ZDA do leta 2018 celo z naskokom na prvem mestu po relativni rasti zaposlovanja (72 %) med vsemi poklici. Med desetimi najbolj "vročimi" poklici v ZDA pa jih je kar osem povezanih z zdravstvenim sektorjem. Te podatke povzema tabela 3 [12].

V Sloveniji ima biomedicinska tehnika dolgoletno tradicijo. Industrija biomedicinske tehnike (čeprav je trenutno še ni veliko) je zato v Sloveniji ena redkih industrij, ki razvija, proizvaja in pod lastno blagovno znamko trži ter prodaja visokotehnološke izdelke po vsem svetu. Leta 2011 je zaživel tudi *Kompetenčni center biomedicinska tehnika*, ki je odgovor slovenske industrije (tako malih kot večjih visokotehnoloških podjetij) na izzive globalnega trga in s tem jasno kaže naraščajočo potrebo po biomedicinskih inženirjih tudi s strani domače industrije [13]. Kompetenčni center biomedicinska tehnika v svojih šestih razvojnih projektih združuje vse ključne akterje na področju BMT pri nas: podjetja (Fotona, Gorenje, Optotek, Iskra Medical, Instrumentation Technologies), obe največji univerzi (Univerzo v Ljubljani s Fakulteto za elektrotehniko in Fakulteto za strojništvo ter Univerzo v Mariboru s Fakulteto za elektrotehniko, računalništvo in informatiko), Inštitut Jožefa Stefana ter tri ključne slovenske medicinske ustanove (Onkološki inštitut Ljubljana, Univerzitetni klinični center Ljubljana in Univerzitetni rehabilitacijski inštitut RS – Soča).

Tabela 3: Projekcija povečanja zaposlovanja za deset poklicev z največjo pričakovano relativno rastjo do leta 2018 v ZDA [12].

Poklic	Raven izobrazbe	Rast (%)	Nova del. mesta (x1000)
Biomedicinski inženir	Diploma	72	11,6
Analistik omrežnih sistemov in prenosa podatkov	Diploma	53	155,8
Zdravstvena pomoč na domu	Usposab. na delu	50	460,9
Osebnostna in druga pomoč na domu	Usposab. na delu	46	375,8
Finančni revizor	Diploma	41	11,1
Medicinski znanstvenik (razen epidemiolog)	Doktorat	40	44,2
Pomočnik zdravnika	Magist.	39	29,2
Specialist za nego kože	Posebno usposab.	38	14,7
Biokemik in biofizik	Doktorat	37	8,7
Atletski trener	Diploma	37	6,0

Biomedicinska tehnika bo tako s prihodnjim študijskim letom dobila svoje mesto tudi v slovenskem visokošolskem sistemu. Od začetka na tem študiju pričakujemo predvsem diplomante Fakultete za elektrotehniko, vendar pa želimo pritegniti tudi čim več število študentov drugih programov, kot so strojništvo, fizika, računalništvo in drugo.

V zadnjih letih smo bili priča nenehnemu upadanju zanimanja za vpis na študij elektrotehnike, s čimer ta

doživlja usodo drugih tehniških disciplin. Pripravljanje novih kakovostnih, zanimivih in perspektivnih študijskih programov, ki se dotikajo perečih aktualnih področij, je lahko eden od učinkovitih ukrepov, kako zopet povečati zanimanje za tehniko na splošno in na Fakulteto za elektrotehniko znova pritegniti več študentov. Že zdaj, še bolj pa bo to očitno v prihodnje, bo interes družbe kot celote vedno bolj usmerjen na področja okolja, energije in zdravja, temu pa bo moral slediti tudi izobraževalni sistem.

Študijski program biomedicinske tehnike na 2. stopnji študija elektrotehnike na Fakulteti za elektrotehniko je prvi tovrstni program pri nas. Izhaja iz bogate in uspešne zgodovine tega področja na matični ustanovi in gradi na tistih podpodročjih BMT, na katerih je Fakulteta za elektrotehniko močna in uspešna. Zasnova programa pa obenem ustreza najnovejšim priporočilom za oblikovanje novih programov BMT evropskega konzorcija CRH-BME.

LITERATURA

- [1] N. Pallikarakis, Z. Bliznakov, D. Miklavcic, T. Jarm, R. Magjarevic, I. Lackovic, L. Pecchia, R. Stagni, A. Jobbagy, J. Barbenel. Promoting Harmonization of BME Education in Europe: The CRH-BME Tempus Project. *Proceedings of 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS.*, Boston, 2011.
- [2] Z. Bliznakov, N. Pallikarakis. Overview of biomedical engineering education programs in Europe: the results of the CRH-BME project survey. *Proceedings of 5th European IFMBE Conference, Budapest, 2011. IFMBE Proceedings 37:* 1414-1417, 2011.
- [3] D. Miklavčič, S. Reberšek, A. Kralj. Lojze Vodovnik kot človek, učitelj in znanstvenik. Predgovor v (D. Miklavčič, T. Kotnik, G. Serša, ur.) *Lojze Vodovnik – Zbrana dela*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, 2003.
- [4] *Študij na Fakulteti za elektrotehniko, 2. stopnja*: http://www.fe.uni-lj.si/studij_na_fakulteti/2_stopnja/ (8.10.2011).
- [5] *BIOMEDEA - Biomedical and Clinical Engineering Education, Accreditation, Training and Certification*. <http://www.biomedea.org/> (8.10.2011).
- [6] *The Whitaker Foundation*. http://www.whitaker.org/home/the_whitaker_foundation (8.10.2011).
- [7] Z. Kolitsi (editor). *Towards a European framework for education and training in medical physics and biomedical engineering*. IOS Press, Amsterdam, 2001.
- [8] *CRH-BME: Curricula Reformation and Harmonisation in the field of BioMedical Engineering (TEMPUS IV Joint Project)*. <http://www.crhbme.upatras.gr/> (8.10.2011).
- [9] *European Higher Education Area (EHEA)*: <http://www.ehea.info> (8.10.2011).
- [10] T. Jarm, D. Miklavcic, N. Pallikarakis, Z. Bliznakov, R. Magjarevic, I. Lackovic, L. Pecchia, R. Stagni, A. Jobbagy, J. Barbenel. Proposal for Generic Biomedical Engineering Programs Based on European Experience. *Proceedings of 5th European IFMBE Conference, Budapest, 2011. IFMBE Proceedings 37:* 1418-1421, 2011.
- [11] S. Shellenbarger. What will be the hot jobs of 2018? *The Wall Street Journal*, May 26, 2010. <http://online.wsj.com/article/SB10001424052748704026204575266342935418962.html> (8.10.2011).
- [12] United States Department of Labor, Bureau of Labor Statistics. *Occupational Outlook Handbook, 2010-11 Edition, Overview of the 2008-18 Projections*. <http://www.bls.gov/oco/oco2003.htm> (8.10.2011).

[13] Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo RS. Centri odličnosti in kompetenčni centri. http://www.mvzt.gov.si/si/delovna_podrocja/znanost_in_tehnologija/centri_odlicnosti_in_kompetencni_centri/

Tomaž Jarm je doktoriral leta 1999 na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, kjer je zaposlen kot izredni profesor. Njegovo raziskovalno delo spada na področje biomedicinske tehnike, ukvarja se z obdelavo in zajemom biomedicinskih signalov, elektroporacijo in merilnimi metodami za merjenje pretoka krvi in oksigenacije v tkivih.

Damijan Miklavčič je doktoriral leta 1993 na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, kjer je zaposlen kot redni profesor in je predstojnik Katedre za biomedicinsko tehniko in Laboratorija za biokibernetiko. Njegovo raziskovalno delo na področju biomedicinske tehnike je povezano z elektroporacijo in različnimi vidiki njene uporabe za elektrokemoterapijo tumorjev in prenos genov, z razvojem strojne opreme in z modeliranjem bioloških procesov.

RECENZIJA KNJIGE

Darko Kajfež, The University of Mississippi, Q Factor Measurements Using MATLAB®

Drago Kostevc

*Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
E-pošta: drago.kostevc@fe.uni-lj.si*

Založba Artech House, 685 Canton Street, 2011
Norwood, MA 02062

ISBN 978-1-60807-161-6

190 strani, 133 slik, 9 tabel, format 28 x 21,5 cm,
vezana s spiralo, 159.00 £

Knjiga sistematsko in podrobno obravnava teorijo in prakso merjenja kvalitete resonatorjev. Merjenje kvalitete resonatorjev nikakor ni trivialen problem, kajti pri visoki kvaliteti je zelo težko ločiti vpliv izgub zaradi meritve od lastnih izgub resonatorja. Neposredno je zrasla iz knjige Q Factor, izdane leta 1994, bibliografija prof. Kajfeža pa kaže, da gre nedvomno za enega vodilnih strokovnjakov za resonatorje.

Vse v knjigi obravnavane metode slonijo na merjenju parametrov S z analizatorjem vezij, med seboj pa se razlikujejo po tem, kako je resonator priključen na analizator vezij.

Knjiga je razdeljena v štiri poglavja. V prvem poglavju avtor poda teoretične temelje resonančnih vezij, potrebne za razumevanje merjenja parametrov resonatorjev.

V drugem poglavju obravnava metodo merjenja kvalitete resonančnega vezja z merjenjem odbojnosti. Pri metodi, obravnavani v tretjem poglavju, je dielektrični resonator sklopljen z mikrotrakasto linijo, parametre resonatorja pa določimo iz meritev prevajalnih parametrov.

V četrtem poglavju obravnava določanje kvalitete votlinskih resonatorjev s primerno sklopljenima sondama in z merjenjem prevajalnih parametrov.

V vsakem poglavju posebej izčrpno obravnava vzroke pogreškov in način njihove korekcije. Na priloženem DVD so tudi programi (MATLAB® ver. 5 ali kasnejša), s pomočjo katerih lahko iz meritev z analizatorjem vezij določimo parametre izmerjenega resonatorja.

Knjiga bo nepogrešljiv pomočnik vsem, ki se ukvarjajo z merjenjem resonatorjev.