

**KOMISIJI ZA STUDIJE II STEPENA
ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Komisija za studije II stepena, Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, na svojoj sednici održanoj 25.06.2013. godine imenovala nas je u Komisiju za pregled i ocenu master rada dipl. inž. Minje Perović pod naslovom „Električna stimulacija aferentnih vlakana podlaktice površinskim elektrodama za senzornu supstituciju“. Nakon pregleda materijala Komisija podnosi sledeći

IZVEŠTAJ

1. Biografski podaci kandidata

Minja Perović je rođena u Valjevu, 16.05.1986. godine. Minja je završila osnovnu školu i specijalizovano matematičko odeljenje Valjevske gimnazije. Školovanje nastavlja u Beogradu, gde je završila osnovne studije na Elektrotehničkom fakultetu, na odseku za Fizičku elektroniku, smer Biomedicinski i ekološki inženjering, sa prosečnom ocenom 8.69. Diplomski rad na temu "Prepoznavanje dužice", iz oblasti obrade digitalnih signala odbranila je u junu 2012. pod rukovodstvom prof. dr Irini Reljin. Na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu 2012. godine upisala je master studije na modulu Biomedicinski i ekološki inženjering i položila sve ispite planirane programom sa prosečnom ocenom 10.

2. Opis master rada

Master rad kandidata ima 43 stranice i uključuje 16 slika i 16 tabela, od kojih najveći broj prikazuje rezultate rada na projektu. Rad je podeljen u pet celina i završava se spisikom literature sa 20 naslova koji pokazuju da je kandidatkinja upoznata sa stanjem u oblasti i pravcima rada u oblasti master rada. Rad ja napisan na engleskom jeziku s obzirom da je jedan član Komisije za pregled rada iz inostranstva.

Uvodni deo daje sve potrebne elemente za razumevanje postavke eksperimentlanog rada čiji je cilj utvrđivanje mogućnosti primene električne stimualcije malog intenziteta sa ciljem generisanja osećaja kod pacijenta koji treba da koristi veštačku šaku i da pri tom na podsvesnom nivou ima saznanje o osobinama objekta koji drži ve[ta;kom rukom (protežom).

Druga glava rada prikazuje stanje u oblasti na pregledan način, sa jasno izdvojenim bitnim elementima koji su od značaja za primenu električne stimualcije malog intenziteta koja se aplicira koristeći nekoliko tipova specijalno konstruisanih elektroda za ovaj projekat.

U trećoj glavi je dat teorijski osnov za primenu površinske električne stimualcije. Posebna pažnja je posvećena receptorima (prirodnim sensorima) u koži i osnovi delovanja električne stimualcije na te receptore.

Četvrta glava je podeljena na pet delova. Svaki od delova se odnosi na testranje pojedinog tipa elektrode ili strategije električne stimualcije. Prvo razmotrena primena matričnih koncentričnih elektroda sa 12 polja, tj., vrsta osećaja i prostorne rezolucije koje su detektovali zdravi ispitanici i jedan pacijent koji koristi protezu. Na osnovu dobijenih rezultata je pristupljeno primeni druge, posebno konstruisane elektrode koja se postavlja cirkularno na podlakticu i provereno koja konfiguracija elektroda omogućuje ponovljivot i razlikovanje senzacija koje generiše električna stimualcija pri promeni intenziteta stimualcije i frekvencije stimualcije. Ova ispitivanja su direktno pratila saznanja iz fiziologije i rezultate koji su poznati iz literature. U ispitivanju su korišćene elektrode sa različitim materijalima u kontaktu sa kožom (provodna guma, provodni hidrogel različitih impedansi, različiti načini odvajanja

polja u okviru matrične elektrode). Posle ispitivanja na dovoljno velikom uzorku zdravih ispitanika merenja su urađena i na ruci pacijenta koji koristi protezu. U poslednjem delu četvrte glave je pokazano da je moguće da zdravi ispitanici asociraju pojedinu stimulacionu paradigmu sa oblikom hvata i veličinom predmeta.

Peta glava, zaključak, sumira rezultate prokazane u četvrtoj glavi i jasno definiše koji su sledeći koraci u unapređenju sistema.

Rad sa zdravim ispitanicima i sa pacijentom je pratio protokol koji je odobrio etički odbor Klinike u kojoj su rađena merenja i svi ispitanici su potpisali izjavu kojom potvrđuju da su upoznati sa procedurom i da prihvataju da učestvuju u ispitivanju.

3. Analiza rada sa ključnim rezultatima

Master rad dipl. inž. Minje Prović je prikaz originalnog istraživanja čiji je cilj generisanje senzornog doživljaja koji može da se asocira posle kratkog perioda učenja sa tipovima hvata, snagom stiska i mestima kontakta ruke sa objektom. Pri ovome je usvojena strategija da novi osećaj ni na jedan način neće biti replika normalnog osećaja, već signal koji centralni nervni sistem može da nauči da asociara sa percepcijom hvata koja postoji pri normalnom hvatu. U ispitivanju je, prateći etička pravila, provereno i određeno da električna stmujlacija ne vodi neprijatnom osećaju ili bolu, već je u domenu koji svi ispitanici smatraju prihvatljivim ili prijatnim. Pri ispitivanju je prvo određena jačina električne stimulacije (amplituda impulsa), pa je za vrednosti koje su iznad praga osetljivost provereno kako parametri stimulacije utiču na senzaciju. U radu je posebna pažnja posvećena učesatnosti stimulacije (broj impulsa i sekundi) i pokazano da ispitanici uspešno detektuju razliku. Kombinujući promenu trajanja impulsa i učestanosti stimulacije, i koristeći elektrode koje su postavljene cirkularno u odnosu na podlakticu je postignut željeni rezultat i ovom istraživanju.

Posebno treba istaći da je metodologija ispitivanja na zdravim ispitanicima prenesena u kliničku primenu, i uspešno testirana na ruci pacijenta koji koristi protezu šake. Rezultati koji su dobijeni u ovom ispitivanju pokazuju direktnu primenljivost metode koja je razvijena u budućim naprednim sofisticiranim protezama šake/ruke.

Rezultati pojedinih faza rada su uticali na razvoj novih tipova elektroda i modova stimulacije. Ovaj rezultat doprinosi potencijalnom rešenju koje bi se koristilo kao interfejs veštačkih ekstrimiteta i pacijenta, sa ciljem da pacijenti "osećaju" okolinu slično osećajima koje su imali pre amputacije.

Metodologija rada potpuno odgovara visokim standardima primene električne stimulacije i pokazuje da je Minja potpuno ovladala znanjima i tehnikama koje su potrebne za uspešno rešavanje složenih inženjerskih i istraživačkih zadataka u domenu biomedicine.

Način prikaza rezultata pokazuje da je Minja Perović potpuno spremna da na odličan način komunicira sa kolegama i diseminira svoje rezultate.

4. Zaključak i predlog

Master rad dipl. inž. Minje Perović prikazuje novu metodu primene matričnih elektroda različitih tipova i nekoliko modova električne stimulacije malog intenziteta sa ciljem generisanja senzacija koje su od velikog interesa za nove sofisticirane veštačke ekstremitete. Rad je napisan na engleskom jeziku s obzirom da je član Komisije nastavnik sa univerziteta u Nemačkoj. Rad pokazuje potpunu sposobnost kandidatkinje da postavi eksperiment, realizuje merenja, obradi rezultata i prikaže ih na način koji je potpuno transparentan za čitaoce. Način

prikaza rezultata i diskusija pokazuju da je kandidatkinja ovladala inženjerskim tehnikama i ima sposobnosti za diseminaciju na način koji potpno odgovara visokim standardima u domenu biomedicinskih istraživanja.

Minja je pokazala da ume na pregledan način da prikaže svoje rezultate i da ih postavi u okvir koji omogućuje dalje istraživanje ali i primene u kliničkim merenjima. Ovaj rad je urađen u Laboratoriji koja je savremenom opremom koji je obezbedila Tecnia Srbija, a koji je deo istraživačkog projekta koji se realizuje u saradnji preduzeća Tecnia Španija i Univerziteta u Getingenu, Nemačka pod naslovim *MaxSens*, a čije rezultate treba da koristi najveći proizvođač proteza ruku *Otto Bock*, Nemačka. Ovaj master rad potpuno odgovara kvalitetu koji se očekuje od odličnih master studenata Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

U skladu sa navedenim predlažemo Naučno-nastavnom veću Elektrotehničkog fakulteta da prihvati master rad „Električna stimulacija aferentnih vlakana podlaktice površinskim elektrodama za senzornu supstituciju“ i odobri odbranu rada pred Komisijom u istom sastavu.

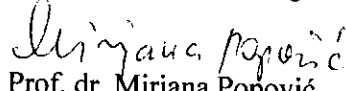
Beograd, 28.06.2013.

Članovi komisije:


Prof. Dr Dejan Popović


Prof. dr. Maarten deVos

Univerzitet u Oldenburgu, Nemačka


Prof. dr. Mirjana Popović