

# FILTRIRANJE U ELEKTROMIONEUROGRAFIJI (EMNG)

Jelena Rafailović, Milan Šaš

Ključne reči: filtri, EMG, ENG, EMNG

## KRATAK SADRŽAJ

Tehnologija i medicina zajedno napreduju kako bi se sa sigurnošću, brže i jednostavnije dijagnostikovali poremećaji. Danas su u periodu porasta autoimune bolesti koje se kasno otkrivaju, a onda teško i leče. Elektromioneurografija je jedna od metoda za otkrivanje ovakvih bolesti, ali da bi se nakon bilo koje akvizicione tehnike dobile adekvatne informacije o realnom stanju pacijenta potrebno je ukloniti sve što izobličava signal od značaja. Ovaj rad daje pregled filtera koji se mogu iskoristiti za dobijanje anvelope signala. Na samom početku rada detaljno je objašnjena metoda EMNG snimanja, dok su u narednim poglavljima dati konkretni primeri i istraživanje pomenutih filtera.

## FILTER PROPOSAL IN ELECTROMYONEUROGRAPHY (EMNG)

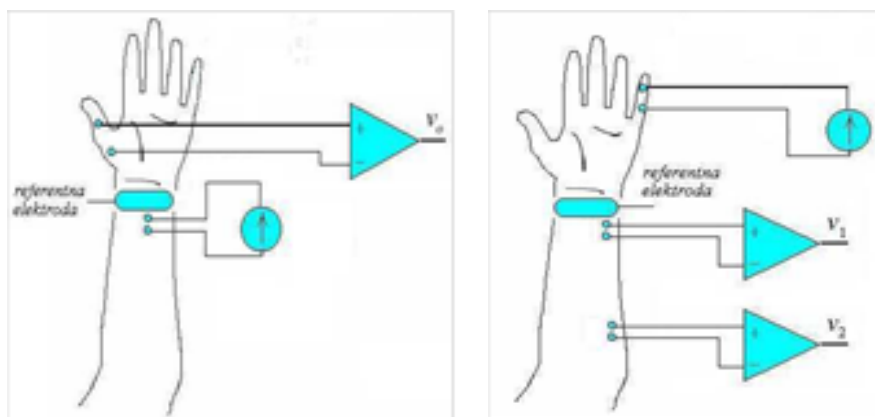
Keywords: filter, EMG, ENG, EMNG

## ABSTRACT

Technology and medicine are advancing together to diagnose disorders with certainty, faster and easier. Today, autoimmune diseases are on the rise, which are detected late, and then difficult to cure. Electromyoneurography is one of the methods for detecting such diseases, but in order to obtain adequate information about the real condition of the patient after any acquisition technique, it is necessary to remove everything that distorts the signal of importance. This paper provides an overview of filters that can be used to obtain signal envelopes. At the very beginning of the paper, the method of EMNG recording is explained in detail, while in the following chapters, concrete examples and research of the mentioned filters are given.

## UVOD

Elektromioneurografija (EMNG) se kao dijagnostička metoda sačinjena iz elektromiografije i elektroneurografije smatra „zlatnim standardom“ u otkrivanju neuroloških poremećaja (Sl. 1). Uz pomoć ENG-a se određuje brzina provodljivosti nerava koji se ispituju, dok se EMG-om registruje aktivnost mišića koga inervira taj nerv. Predstavlja delimično invazivnu metodu, jer se igla postavlja u mišić da bi se registrovala spontana patološka aktivnost.



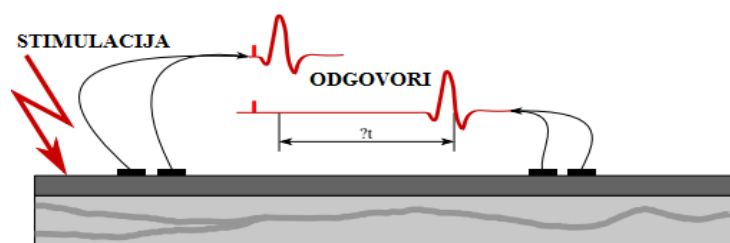
Sl. 1. Šematski prikaz snimanja motornog EMG-a (levo) i ENG-a (desno) [2]

Nakon EMNG obrade može se postaviti dijagnoza velikog broja poremećaja poput brahijalne i lumbosakralne preksopatije, radikulopatije, polineuropatije, multifokalne motoričke neuropatije, miopatije, polimiozitisa, miastenije gravis, botulizma, stenoze spinalnog kanala, bolesti motoričkog neurona [1], [2]

Prilikom snimanja EMNG-a pojavljuje se elektrodni ofset. Takođe, u zavisnosti od pripreme kože ispitivanog područja iznad nerva i mišića postoji veća ili manja impedansa na kontaktu elektroda-tkivo. Pored toga, prisutna je elektromagnetna interferencija i međusobna razlika u impedansama elektroda. Zbog svega navedenog, neophodno je filtriranje signala.

## ELEKTROMIONEUROGRAFIJA (EMNG)

ENG metodom utvrđuje se stepen neuralne lezije jer se stimulacijom živca na periferiji dobija akcioni potencijal na inerviranom mišiću, odnosno elektrodi koja se nalazi iznad mišića koji stimulirani živac inervira. Oštećen mijelinski omotač nerva usporava provodljivost akcionog potencijala. Ako je nerv oštećen u većoj meri amplituda akcionog potencijala će opasti.



Sl. 2. Šematski prikaz snimanja ENG-a sa latencama između dve tačke u kojima su postavljene elektrode [3]

Kao što se vidi na Sl. 2 meri se brzina provođenja u m/s od tačke stimulacije do elektroda postavljenih na različitim udaljenostima što rezultuje razlikom u latencama između dve merne tačke.

Amplituda rezultujućeg signala iznosi od 1 mV do 100 mV. Artefakti i smetnje okolnih organa i tkiva, pokreta kao i šum iz okoline uklanjaju se visokopropusnim filtrom granične frekvencije do 1000 Hz, niskopropusnim filtrom od 500 Hz do 10 kHz i twin-T noć filtrom (50 Hz ili 60 Hz). Može se koristiti i propusnik opsega od 0.8 kHz do 2.2 kHz. Filtriranje je neizbežno da bi se dobila bolja tačnost nakon obuke klasifikatora za prepoznavanje tipova stimulusa prilikom akvizicije.

## ELEKTROMIOGRAFIJA (EMG)

Elektromiografija nastaje kao rezultat merenja električne aktivnosti skeletnih mišića koji proizvode električnu struju proporcionalnu nivou aktivnosti. Opseg frekvencija u kojima se nalazi EMG signal jeste od 10 Hz do 1 kHz sa amplitudama od 0.05 mV do 15 mV. Koristi se za otkrivanje abnormalne mišićne aktivnosti kod mišićne distrofije, upale mišića i povreda nerava ruku i nogu. Merenje EMG signala koje se vrši postavljanjem elektroda na površinu kože preko mišića se zove površinski EMG (eng. surface EMG-sEMG), dok intramuskularna EMG podrazumeva da se iglene elektrode umeću kroz kožu u mišić koji treba pregledati.

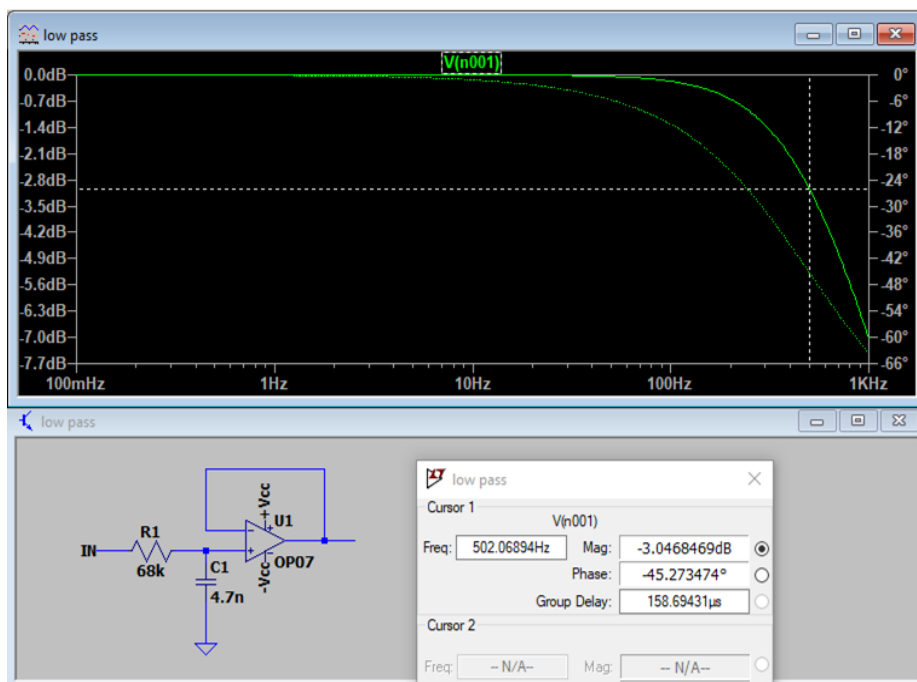
EMG-om se registruje nekoliko osnovnih uzoraka koji označavaju da li je nalaz uredan ili je u određenoj meri prisutno miogeno ili neurogeno oštećenje. Na osnovu izgleda, ponavljanja i trajanja dobijaju se podaci pomoću kojih se brzo postavlja dijagnoza. Veoma je važno na koji način se pripremaju, odnosno obrađuju podaci kako ne bi došlo do gubljenja bitnih informacija ili pojačanja uticaja određenih frekvencija u signalu. Samim tim, može se dogoditi da signal ukaže na postojanje poremećaja koji zapravo nije postojao u sirovom signalu.

Kod zdravih osoba relaksacija mišića ne izaziva nikakvu električnu aktivnost i to se zove 'električna tišina'. Nasuprot zdravim, za vreme relaksacije se kod obolelih osoba javlja aktivnost. Ovakva spontana aktivnost se razlikuje od vrste neurogenih ili mišićnih oštećenja. S obzirom da je fokus ovog rada na filtriranju, informacije od značaja su frekvencije u kojima se pojavljuju talasi mišićne aktivnosti. Uglavnom sve tipove spontane aktivnosti karakteriše frekvencija između 2 Hz i 300 Hz. Neuropatski EMG daje repetitivne spontane aktivnosti mišića prilikom čega se šiljci uglavnom ponavljaju frekvencijom od 5 Hz do 100 Hz. <sup>[1]</sup>

### *Filtriranje EMG signala*

Dobra činjenica vezana za EMG jeste ta da uglavnom na njega ne utiču aktivnosti drugih organa i sistema u organizmu, kao što aktivnost mišića u velikoj meri smeta pri snimanju moždanih aktivnosti, na primer. Postoji šum načinjen aktivnošću srčanog mišića. Takođe, na niskim frekvencijama se pojavljuju smetnje usled pomeranja ili znoja kože kao i DC ofset. S obzirom na to da je signal koji se dobija slab i amplitude je između 1 mV i 10 mV neophodno je izvršiti pojačanje kako ne bi došlo do gubljenja signala usled velike količine šuma.

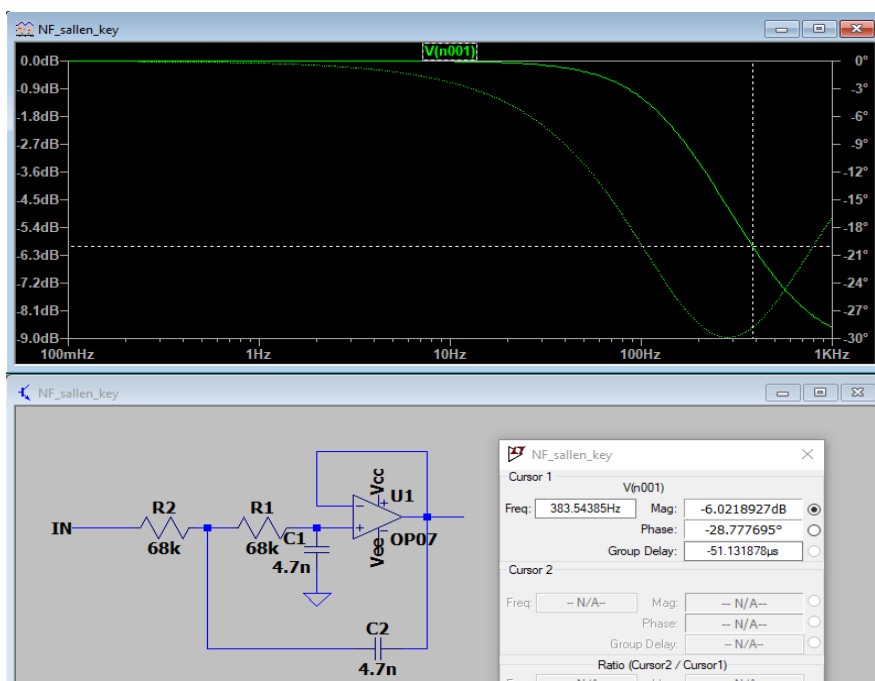
Koristi se bandpass analogno filtriranje da bi se otklonile niske i visoke učestanosti u neobrađenom signalu. Time se signal sređuje pre digitalizovanja. Tipična vrednost granične frekvencije propusnika opsega za niske frekvencije je između 5 Hz i 20 Hz (Sl. 3). Visokopropusni filter uklanja visokofrekventne šumove i sprečava pojavljivanje aliasing-a u uzorkovanom signalu. Karakteristične vrednosti kontrakcionih segmenata EMG-a su između 200 Hz i 1 kHz.



Sl. 3. LTspice simulacija niskopropusnog filtra granične učestanosti 502 Hz

Ofset je najčešće na frekvencijama od 0.1 Hz do 10 Hz, stoga će visokofrekventni filter pomoći smanjenje ili potpuno odstranjivanje pomeraja napona. Na Sl. 3 je rezultat simulacije filtriranja VF filtrom granične učestanosti 18 Hz i NF filtrom granične učestanosti 502 Hz. Slučajni šum prouzrokovan razmakom između elektroda, pomeranjem kontakata, elektronskim komponentama i samim elektrodama uklanja se niskopropusnim filtrom.

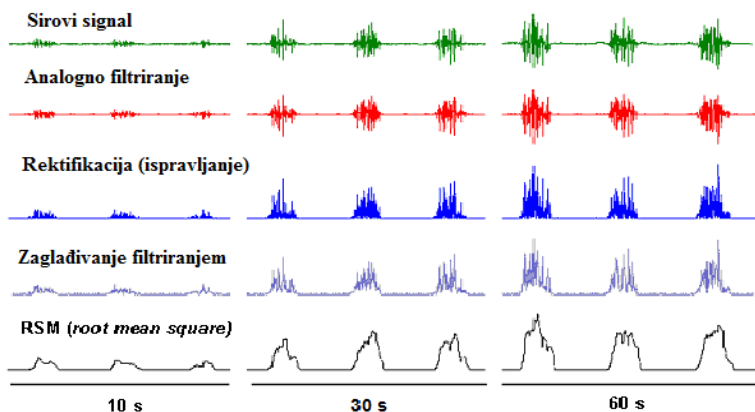
Kao što se vidi na Sl. 4 bitno je koji se red filtra bira i šta se želi postići sa slabljenjem u prelaznoj oblasti. Prenosna karakteristika filtra drugog stepena uvodi jače slabljenje.



Sl. 4. Šema niskopropusnog filtra u programu LTspice i simulacija dobijanja prenosne karakteristike sa graničnom frekvencijom približno na -6 dB

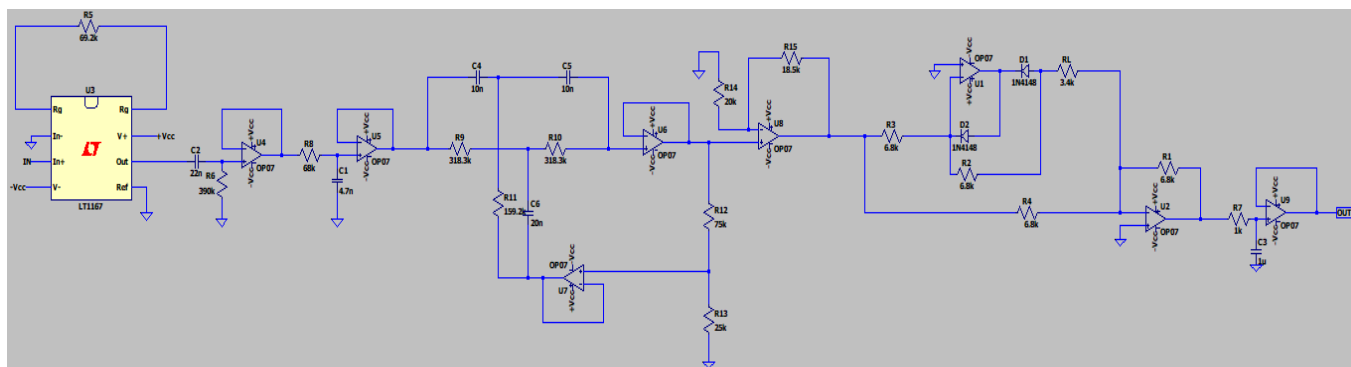
## Dobijanje anvelope EMG signala

Da bi se dobila anvelopa signala i izvršila obrada podataka potrebno je ispraviti signal, zagladiti ga i izvući vrednost amplitude signala. Postupak je dat na Sl. 5, a kompletno kolo na Sl. 6.

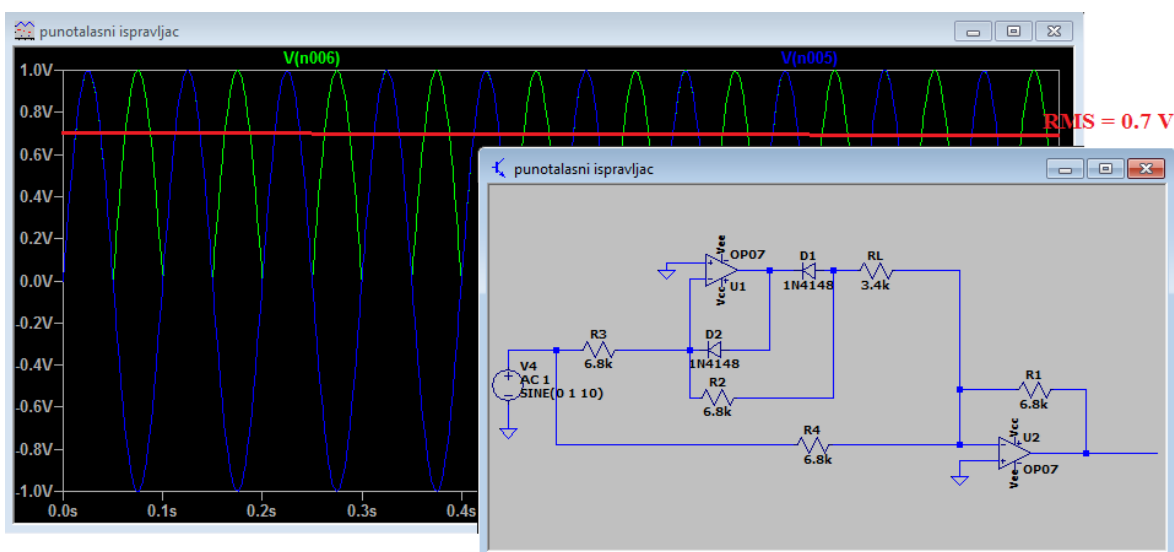


Sl. 5. Prikaz potupka obrade sirovog EMG signala do krajnjeg uprosečenog signala za dalju analizu

Pomoću dioda i operacionog pojačavača realizovan je precizni punotalasni ispravljač za potrebe rektifikacije signala koji su prikazani na Sl. 7. Rektifikacijom se i pozitivni i negativni delovi signala predstavljaju u vidu pozitivne amplitude, dok bi se u suprotnom detektovala vrednost bliska 0 (u slučaju odsustva ofseta).

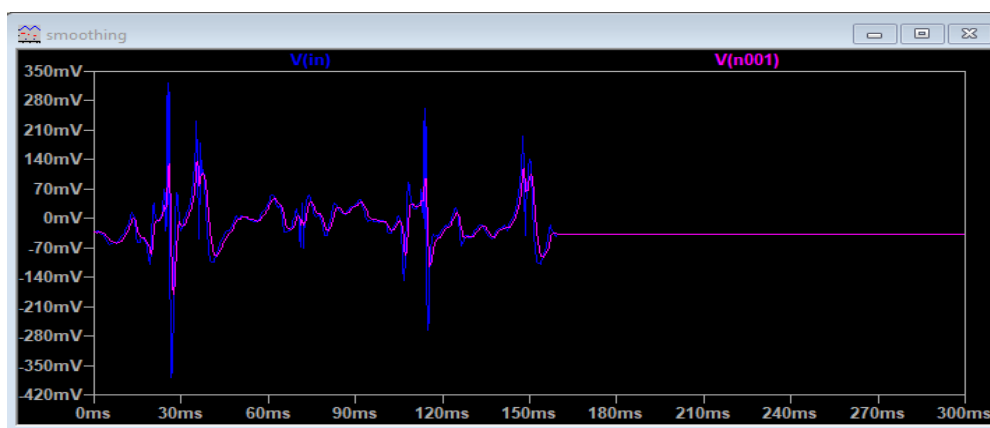


Sl. 6. Šema celokupnog kola za filtriranje EMG signala



Sl. 7. Šema preciznog punotalasnog ispravljača na primeru sinusoide amplitude 1 V i frekvencije 10 Hz (dole i desno) i simulacija sa označenim nivoom RMS od 0.7 V (crvena boja) u slučaju dvostranog ispravljača (gore i levo)

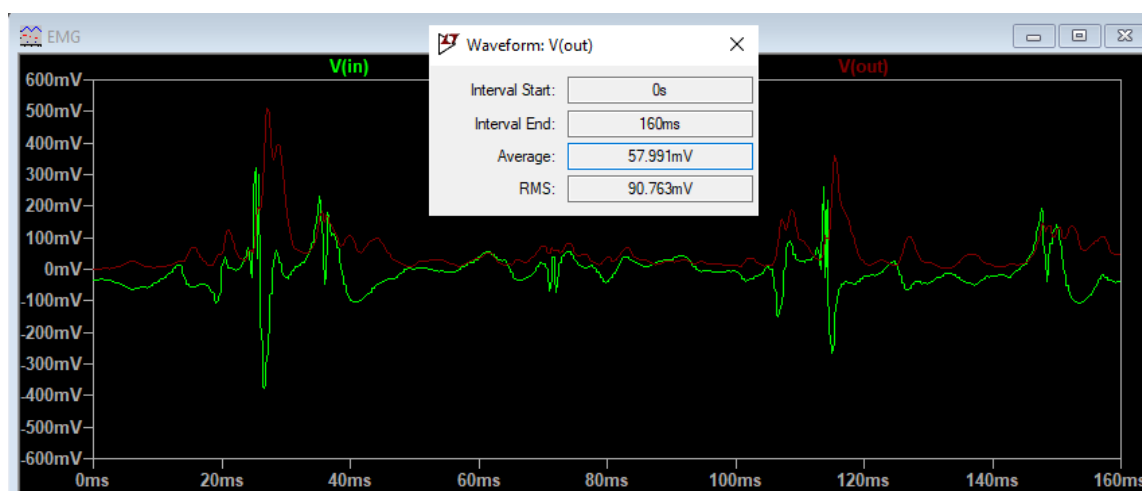
Nakon rektifikacije može se izvršiti zaglađivanje signala da bi se dobio RMS (Root Mean Square) kao pokazatelj amplitude signala. To se postiže aktivnim niskopropusnim filtrom koji će sprečiti visokofrekventne promene signala i ukloniti značajne oscilacije oko prosečne vrednosti signala (Sl. 9). Koren proseka kvadratne vrednosti signala prikazan je crvenom bojom na ispravljenom signalu sinusoide 10 Hz i amplitude 1 V na Sl. 7.



Sl. 8. Kolo propusnika niskih frekvencija koji vrši zaglađivanje EMG signala u cilju dobijanja anvelope

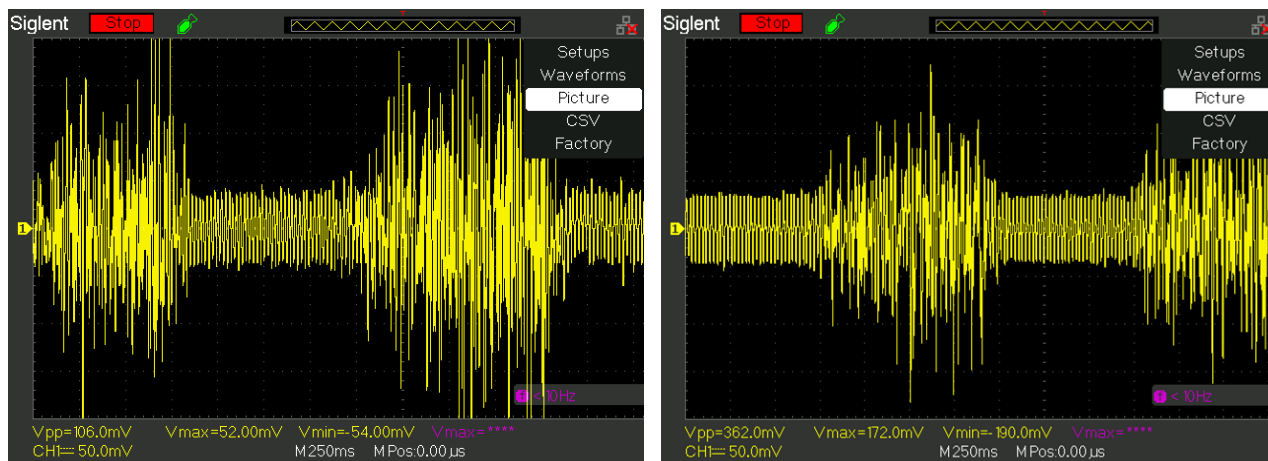
### Rezultati

Na samom kraju simulacije data je vrednost RMS-a i prosečna vrednost EMG signala za bazu EMG podataka koji su učitavani. Aktivnost mišića traje manje od 2 ms te je u tranzijentnoj analizi prikazan samo deo u kom postoji nenulta vrednost signala da bi se dobio što objektivniji RMS. U ovom slučaju, RMS iznosi 90 mV.



Sl. 9. Prikaz dobijene vrednosti RMS-a u LTspice simulaciji na intervalu trajanja EMG signala (160 ms) nakon filtriranja

Rezultat praktične realizacije NF i VF filtra koji su prilagođeni signalu snimanom direktno sa ispitanika dati su na slici ispod. Ispitanik je menjao jačinu kontrakcije bicepsa što se može primetiti u odnosima amplituda  $V_{pp}$  na Sl. 10. Rezultati su dobijeni nakon filtera I reda bez rektifikacije te je pokazano da se i sa maksimalno uprošćenim konfiguracijama filtera može snimiti EMG signal, a pretpostavka na osnovu znanja o amplitudi je da bi se uspešno snimio i ENG signal. Za ozbiljniju analizu potrebno je snimanje izvršiti u adekvatnijem prostoru ili sa kvalitetnijom opremom i realizacijom filtera.



Sl. 10. Prikaz EMG signala na osciloskopu kao rezultat slabije (levo) i jače (desno) kontrakcije

## ZAKLJUČAK

U radu je pokazano da se čak i u najjednostavnijoj realizaciji može snimiti EMG što je inače veoma zahtevan zadatak imajući u vidu amplitudu signala i velik šum okoline koji ga potiskuje.

Praćenje obe elektrografske metode je važno da bi se utvrdila odgovarajuća dijagnoza, lokalizovale lezije i odredila prikladna terapija. Na ovaj način se sa sigurnošću može utvrditi da li se patološke promene dešavaju na mišiću ili nervu, odnosno gde dolazi do odsustva reakcije. Takođe, ovom akvizicionom metodom eliminiše se mogućnost pogrešnog utvrđivanja bolesti ili zamene sa patologijama koje daju slične simptome. Samim tim, redukuje se vreme potrebno za dalja ispitivanja, zračenja pacijenata, terapije i lečenje.

## ZAHVALNOST

Zahvaljujemo se prof. Platonu Sovilju na ukazanoj prilici i pozivu da učestvujemo na Kongresu metrologa 2022. godine.

## LITERATURA

- [1] Čerimagić Denis, *Uloga EMNG-a u neurološkoj praksi* u Neurologija danas-odabrane teme, Dubrovnik, Republika Hrvatska, 2019.
- [2] Janković Milica, *Automatska dijagnostika senzorno-motornih promena: Novi elektromioneurograf (EMNG)* Magistarska teza, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Republika Srbija, 2008.
- [3] Radek Martinek, Martina Ladrova, Michaela Sidikova, Rene Jaros, Khosrow Behbehani, Radana Kahankova, Aleksandra Kawala-Sterniuk, *Advanced Bioelectrical Signal Processing Methods: Past, Present, and Future Approach—Part III: Other Biosignals, Sensors*, September, 2021.