

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
Fakultet elektrotehnike i računarstva  
Zavod za elektroničke sustave i obradbu informacija

# **Biomedicinska instrumentacija**

UPUTE ZA LABORATORIJSKE VJEŽBE

Autori teksta:  
dr.sc. Siniša Sovilj  
mag.ing. Darko Trogrlić  
prof.dr.sc. Ratko Magjarević  
prof.dr.sc. Ante Šantić

Zagreb, 2011.

## Elektrokirurški nož

### Oprema

U ovoj vježbi potrebna je sljedeća oprema:

- elektrokirurški nož (ESU)
- analizator sigurnosti elektrokirurških noževa - Biotek QED6

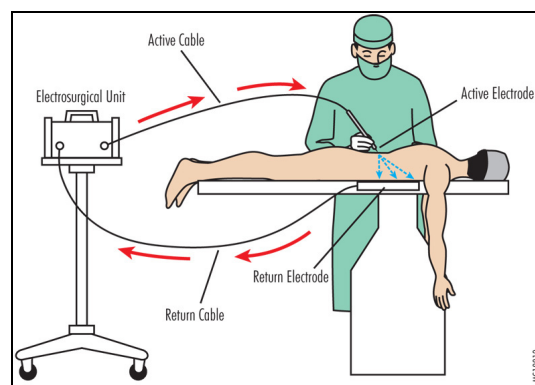
### Teorijske napomene

Cilj ove vježbe je upoznavanje sa radom elektrokirurškog noža te ispitivanje njegove sigurnosti instrumentom koji se naziva analizator sigurnosti elektrokirurških noževa.

**Elektrokirurški nož** (*electrosurgery unit – ESU, RF knife*) je medicinski uređaj koji koristi izmjeničnu električnu struju frekvencije od 300 kHz do 1 MHz za izvođenje kirurških funkcija: rezanja, koagulacije i isušivanja biološkog tkiva. Najveće prednost nad klasičnim mehaničkim skalpelom mu je preciznost i ograničavanje krvarenja uslijed (elektro)koagulacije.

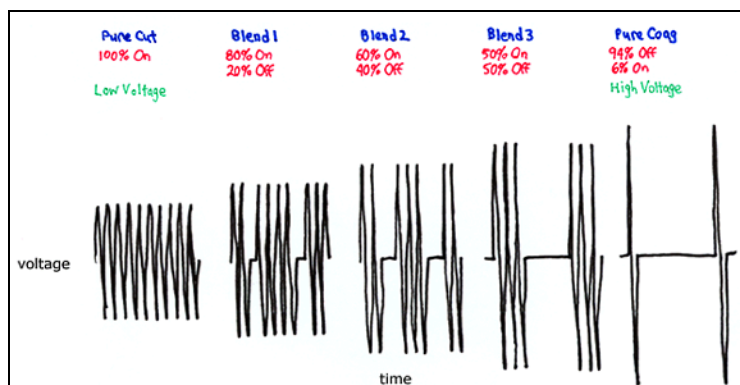
Elektrokirurški nož razlikuje se od **elektrokautera** (*electrocautery unit*) koji koristi zagrijavanje elektroda istosmjernom strujom te na taj način dijatermički vrši funkciju skalpela.

**Aktivna elektroda** elektrokirurškog noža može raditi s monopolarnim ili s bipolarnom izlaznim naponom prema **neutralnoj, referentnoj** (disipacijskoj, povratnoj) elektrodi koja predstavlja izoliranu masu uređaja (Slika 1).



Slika 1. Elektrokirurški nož.

Najvažnije kirurške funkcije elektrokirurškog noža su rezanje tkiva i koagulacija tog istog tkiva, a odabir tih funkcija ovisi o odabranom valnom obliku struje. Za odabir funkcije **rezanje** tkiva (*cut mode*) koristi se čisti, kontinuirani, neprigušeni sinusni valni oblik (Slika 2). Na taj način se zagrijava unutar stanična tekućina do točke isparavanja čime se izaziva brzo raspadanje (eksplozije) stanice bez podizanja temperature okolnog tkiva.

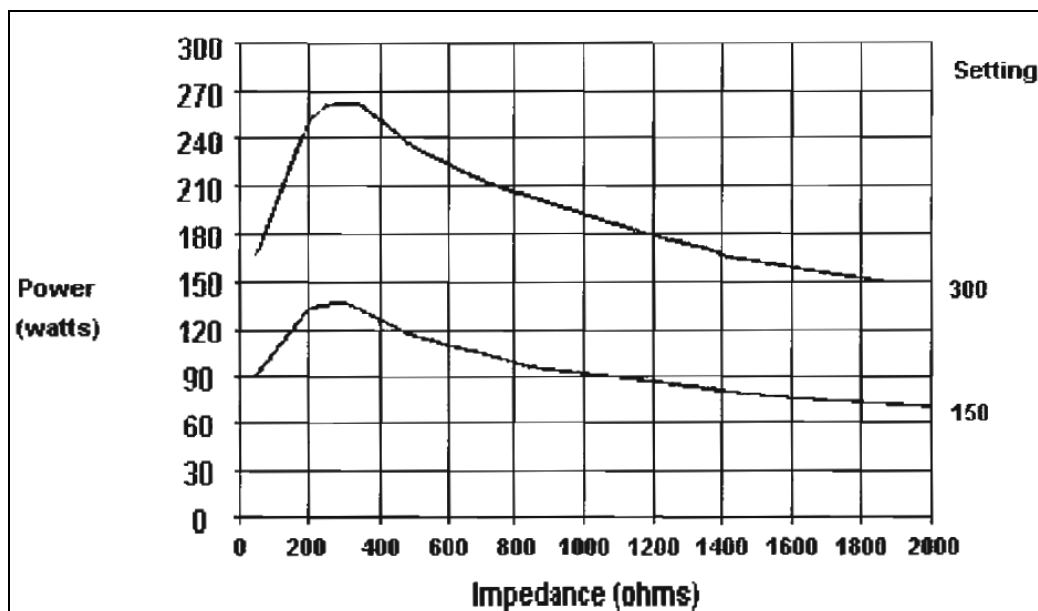


Slika 2. Valni oblici elektrokirurškog noža.

Za odabir funkcije **koagulacije** tkiva (*coag mode*) koristi se isprekidani (*on time, off time*) sinusni valni oblik uz prigušenje na rubovima (Slika 2). Na taj način dopušta se da se unutar stanična tekućina ohladi između trenutaka kada se vrši zagrijavanje. Ipak, ovakav valni oblik nosi rizik neželjenog zagrijavanja i okolnog tkiva koje nije u fokusu kirurškog zahvata.

Kada kirurg želi kombiniranu funkciju rezanja tkiva i smanjenog krvarenja putem koagulacije tkiva koristi se takozvani **mješoviti** način rada (*blend mode*) koji predstavlja kombinaciju „*cut & coag*“ radnog moda (Slika 2). Ovaj način rada se najviše koristi u kliničkoj praksi.

Važna karakteristika elektrokirurških noževa je **krivulja distribucije snage** koja opisuje funkciju ovisnosti izlazne snage o priključenom teretu (Slika 3). Otpor tereta pri kojem je snaga najveća razlikuje se od uređaja do uređaja, no tipično iznosi 300  $\Omega$  za monopolarne i 100  $\Omega$  za bipolarne elektrokirurške noževe.



Slika 3. Krivulja distribucije snage tipičnog elektrokirurškog noža za čisti "cut mode".

**Analizatori sigurnosti elektrokirurških noževa** su uređaji kojima se provode testovi sigurnosti te se mjere veličine poput: izlazne snage, struje HF/RF curenja, REM/CQM (*Contact Quality Monitor*) vrednovanja i analize valnih oblika signala elektrokirurškog noža. Vrijednosti se potom uspoređuju sa vrijednostima propisanim od strane proizvođača. Pošto je rizik od ozljeda nastalih uslijed neispravnosti elektrokirurškog noža visok, uređaje je potrebno sigurnosno testirati svakih 6 mjeseci.

Analizatori sigurnosti elektrokirurških noževa mogu izmjeriti izlaznu snagu elektrokirurškog noža u rasponu od 1 W do 400 W i to **strujnom metodom** (mjenjenjem efektivne (RMS) struje kroz radni teret) ili **naponskom metodom** (mjenjenjem efektivnog (RMS) napona na radnom otporu). Uređaj dostupan na laboratorijskim vježbama model RF303 koristi naponsku metodu mjerenja izlazne snage ( $P = U^2/R$ ).

Da bi se provelo kalibriranje snage elektrokirurškog noža potrebno je provesti mjerenja snage i strujnom i naponskom metodom.

Izlazna snage elektrokirurškog noža ovisi o impedanciji tereta koja nikada nije samo radnog karaktera već ovisi o frekvenciji signala elektrokirurškog noža. Ipak za terete između 200  $\Omega$  i 400  $\Omega$  kojima testiramo snagu pretpostavljamo da su radni tereti. Ukoliko to nije slučaj, potrebno je izmjeriti fazni kut signala na teretu impedancije  $Z$  i prema faznom kutu korigirati iznos radne snage na teretu.

Bipolarni način rada elektrokirurškog noža više je osjetljiv na odmak od nule faznog kuta tereta u usporedbi s monopolarnim načinom rada, te zbog toga i testovi sigurnosti biti će manje točni u slučaju bipolarnog načina rada naspram monopolarnog načina rada. Greške pri mjerenju snage koje načini analizator sigurnosti u rasponu  $\pm 5\%$  nisu neobičajne.

Za signale koji nastaju u kombiniranom "cut + coag" modu potrebno je koristiti digitalne analizatore koji mogu izračunati efektivnu (RMS) vrijednost takvog signala.

Postoji više normi i preporuka za kliničke inženjere koji ispituju sigurnost elektrokirurških noževa, poput IEC 601-2-2 standarda, sekcija 4.101, koja propisuje sljedeću testnu proceduru:

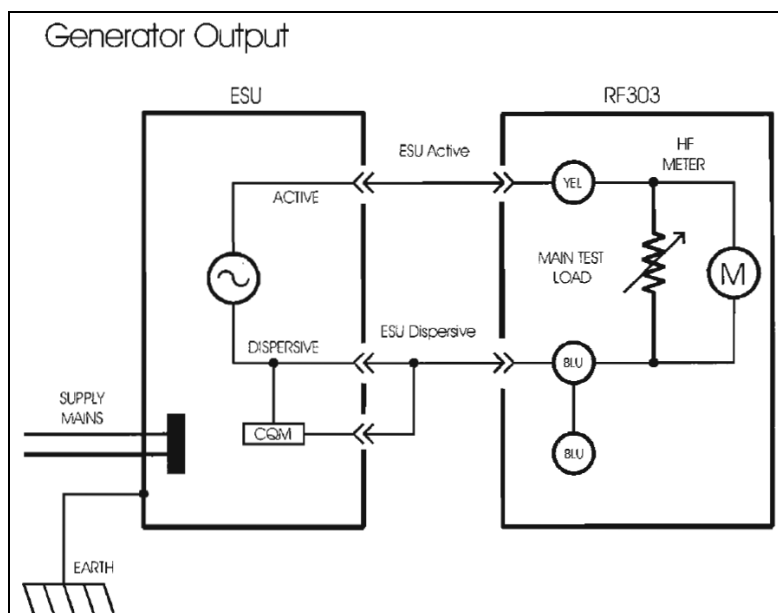
1. ispitati ispravnost zaštitnog uzemljenja uređaja, ako postoji
2. izmjeriti struje curenja uređaja na aktivnim dijelovima
3. izmjeriti radni otpor između aktivne i referentne elektrode
4. ispitati funkcionalnost dijelova uređaja koji provode praćenje rada samog uređaja
5. provjeriti da li se izlazna snaga uređaja nalazi u rasponu od  $\pm 20\%$  postavljene vrijednosti

## Rad u laboratoriju

### 1. Upoznavanje sa karakteristikama i mogućnostima analizatora sigurnost elektrokirurškog noža. Radi se o modelu BioTek Instruments RF-303.

- Koje sve parametre analizator sigurnosti može prikazati?
- Koje sve testove analizator sigurnosti može provesti?
- Koje sve parametre analizator sigurnosti može izmjeriti i kako to čini?
- U kojem rasponu može izmjeriti snagu i s kojom razlučivošću?
- U kojem frekvencijskom pojasu je moguće izmjeriti RMS vrijednost signala?
- U kojem rasponu je moguće mijenjati vrijednost radnog tereta?
- Koje sve priključke posjeduje uređaj i čemu služe?

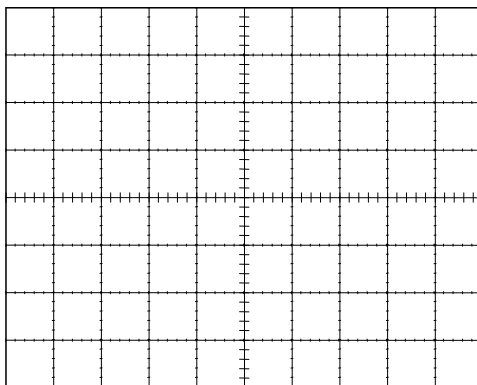
## 2. Ispitivanje sigurnosti elektrokirurškog noža. Mjerenje izlazne snage, izlazne struje i oscilograma.



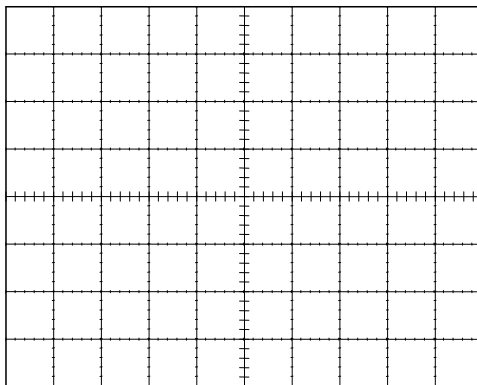
Slika 4. Shema spajanja prilikom ispitivanja izlaznog signala elektrokirurškog noža.

- Prema slici (Slika 4) potrebno je spojiti elektrokirurški nož i analizator njegove sigurnosti. S tipkom (*mode select*) odaberite što želite izmjeriti, a sa tipkama (+) i (-) odredite željeni iznos tereta koji će biti priključen elektrokirurškom nožu prilikom testiranja. Predefinirana vrijednost otpora tereta iznosi  $300 \Omega$ .
- Analizator sigurnosti posjeduje i BNC izlaz s kojim je moguće povezati osciloskop i pratiti valne oblike signala. Snimite oscilogram signala elektrokirurškog noža za:
  - a) „cut mode“,
  - b) „coag. mode“ i
  - c) kombinirani „cut.+coag. mode“.

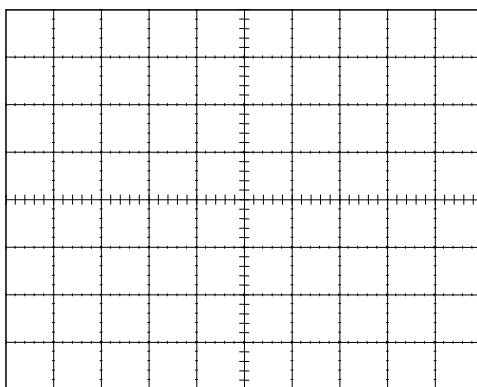
te označite vrijednosti očitane izlazne snage [W] i iznos izlazne struje [mA].



a) „cut mode“

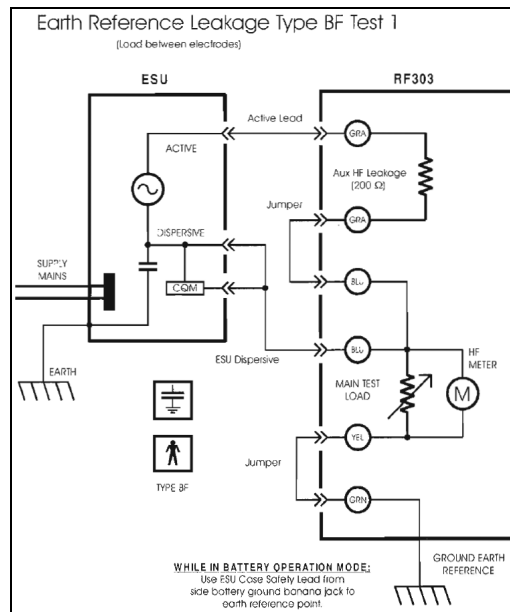


b) „coag. mode“



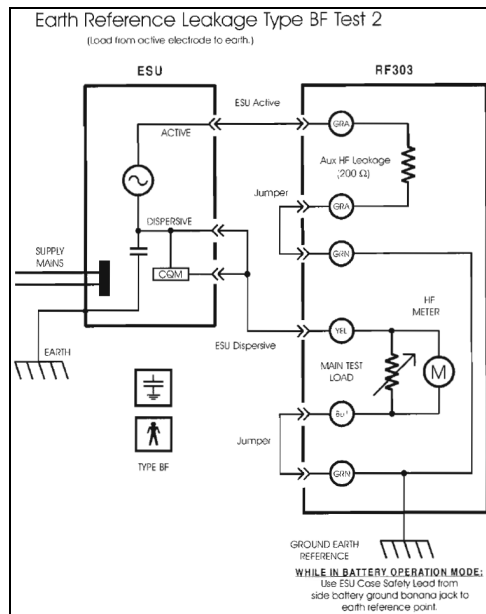
c) „blend mode“

### 3. Mjerenje HF struje curenja – Test 1.



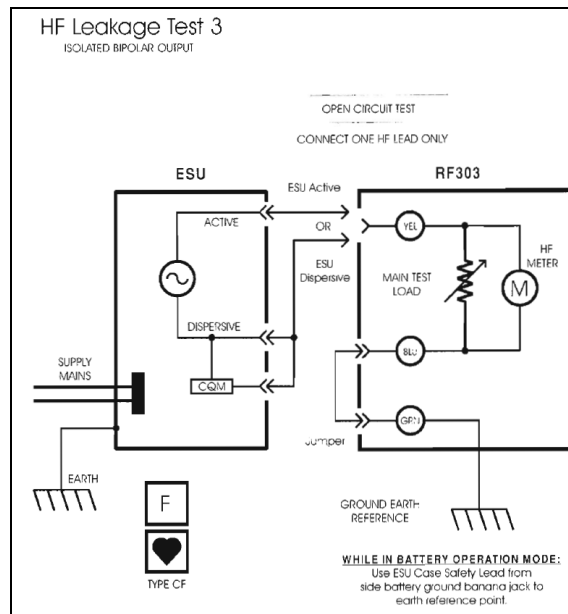
- Spojite elektrokirurški nož sa analizatorom sigurnosti prema shemi. Smanjite otpor tereta na  $200 \Omega$  te odaberite mjerenje struje i izmjerite iznos struje.

#### 4. Mjerenje HF struje curenja – Test 2.



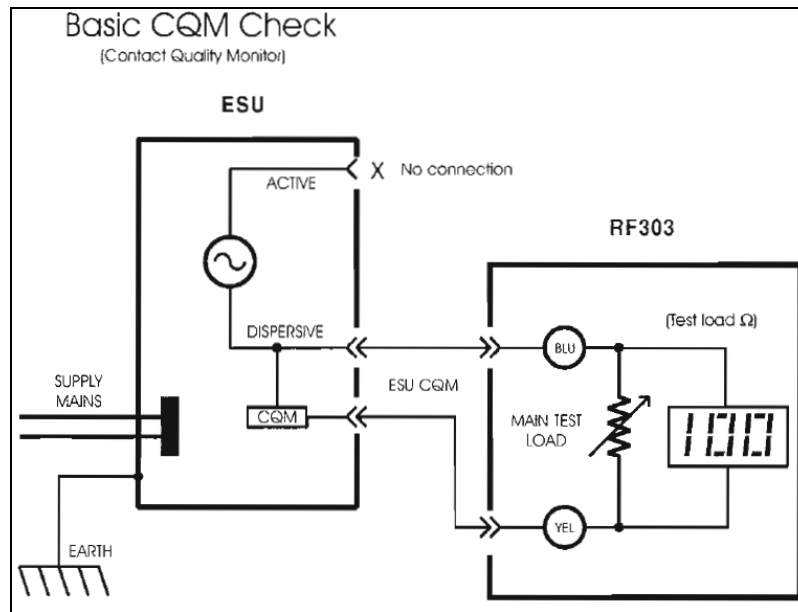
- Spojite elektrokirurški nož sa analizatorom sigurnosti prema shemi. Smanjite otpor tereta na  $200 \Omega$  te odaberite mjerenje struje i izmjerite iznos struje.

### 5. Mjerenje HF struje curenja – Test 3.



- Spojite elektrokirurški nož sa analizatorom sigurnosti prema shemi samo s aktivnom elektrodom ili samo s neutralnom elektrodom. Smanjite otpor tereta na  $200 \Omega$  te odaberite mjerenje struje i izmjerite iznos struje.

## 6. Provođenje osnovnog CQM (Contact Quality Monitor) testa



- Ovaj test provodi se kako bi se simulirala promjena otpora kože pacijenata kada je on priključen na neutralnu (disperzivnu) elektrodu. Spojite elektrokirurški nož sa analizatorom sigurnosti prema shemi. Aktivnu elektrodu ne priključujte. Smanjite otpor tereta na  $50 \Omega$ . U slučaju lošeg kontakta uključiti će se vizualni i/ili zvučni signal na elektrokirurškom nožu. Na analizatoru sigurnosti potrebno je povećavati otpor dok se ne pojavi alarm te na taj način očitati prag otpora pri kojem elektrokirurški nož uključuje alarm. Koliko iznosi taj prag?