

## Spontaninių neuroono osciliacijų slopinimo mechanizmas veikiant aukštadažne stimuliacija

### Mechanism of suppression of neuronal sustained spiking under high-frequency stimulation

Viktor Novičenko, Kęstutis Pyragas

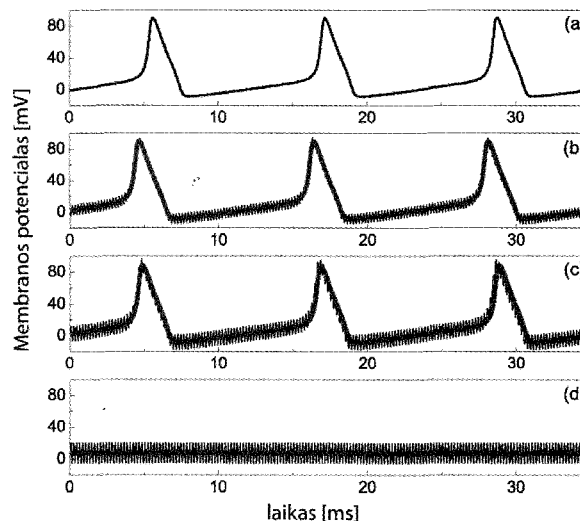
Fizikinių ir technologijos mokslų centras, Puslaidininkių fizikos institutas, Goštauto g. 11, LT-01108 Vilnius  
 novicenko@pfi.lt

Per pastaruosius du dešimtmečius buvo padarytas didelis progresas taikant aukštadažnę stimuliaciją biologinėms sistemoms. Giluminė smegenų stimuliacija naudojant aukšto dažnio (AD) signalą yra standartinė procedūra pacientams sunkiai sergantiems Parkinsono ir esencialinio tremoro ligomis. Tačiau jos mechanizmas iki šiol nėra pilnai išaiškintas.

Yra žinomas faktas, kad Parkinsono ligoniams galvos smegenyse, *subthalamic nucleus* (STN) srityje yra sinchronizuoti neuronai, kai tuo tarpu pas sveiką žmogų jie yra desinchronizuoti. STN neuroono dinamika yra aprašoma netiesine keturių paprastųjų diferencialinių lygčių sistema. Mūsų tikslas yra išsiaiškinti kaip aukšto dažnio periodinis signalas keičia pavienių STN neuronų dinamiką.

Matematinei analizei mes pritaikėme vibracinės mechanikos principus. Vibracinė mechanika nagrinėja kaip keičiasi sistemų charakteristikos jas veikiant aukšto dažnio mažos amplitudės išorine jėga. Pvz. labiausiai žinomas yra Kapicos uždavinys [1], kai matematinė švytuoklė, kurios pakabinimo taškas yra periodiškai veikiamas vertikalia jėga, gali stabilizuotis viršutinėje pusiausvyros padėtyje (t.y. kai švytuoklė yra nukreipta vertikaliai į viršų). Netiesinės dinamikos terminais šnekant įvyksta bifurkacija ir nestabilus rimties taškas patampa stabilus. Tiriant diferencialines lygtis, pagrindinis uždavinys yra gauti lygtis aprašančias sistemos dinamiką, suvidurkintą per AD periodą. Tai pasiekama atskiriant greitąjį ir lėtąjį procesus. Toks diferencialinių lygčių tyrimo metodas žinomas kaip *multiple scale* metodas [2].

Skaitmeniškai mes nagrinėjome du neuronus: Hodgkin-Huxley (HH) [3] ir STN. Nors HH modelis atitinka kalmaro gigantišką aksoną, mes jį pasirinkome, nes juo yra lengva pavaizduoti kaip AD stimuliacija nuslopina neuroną. 1 pav. yra pavaizduoti skaitmeninio modeliavimo rezultatai. Matome, kad didinant stimuliavimo signalo amplitudę, iš stabilaus ribinio ciklo būsena sistema perėjo ant stabilaus rimties taško.



1 pav. HH neuroono membranos potencialo dinamika veikiant jį AD sinusiniu išoriniu signalu. Plona linija vaizduoja tiesioginių lygčių sprendinį, o stora – suvidurkintų lygčių sprendinį. (a) – signalo amplitudė yra nulis. (b) ir (c) – didinam išorinio signalo amplitudę. (d) – išorinio signalo amplitudė viršija slenkstinę vertę ir neuronas yra nuslopinamas.

*Reikšminiai žodžiai:* neuroono modelis, giluminė smegenų stimuliacija, dviejų laikų metodas.

#### Padėka

Darbas parengtas pagal visuotinės dotacijos projektą Nr. VP1-3.1-ŠMM-07-K-01-025

#### Literatūra

- [1] Kapitsa P L 1951 Dynamic stability of the pendulum when the point of suspension is oscillating Soviet Physics JETP **21** 588
- [2] Kevorkian J K and Cole J D 1996 Multiple Scale and Singular Perturbation Methods (Springer-Verlag, New York).
- [3] Hodgkin A L and Huxley A F 1952 A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve J. Physiol. **117** 500