

## Optimalna šumna svojstva prijemnog lanca NMR sustava

Petar Kolar<sup>1</sup>, Silvio Hrabar<sup>2</sup>, Mihael S. Grbić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, HR

<sup>2</sup>Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilište u Zagrebu, HR

Jedna od manje poznatih primjena antene petlje jest u sustavima nuklearne magnetske rezonancije (NMR) u eksperimentalnoj fizici. NMR spektroskopija iskorištava interakciju atomskih jezgara sa svojom okolinom, koristeći jezgre kao veoma osjetljive senzore na atomskoj razini. Sa stajališta antenskog inženjera sustav NMR spektroskopije sastoji se od odašiljačkog i prijemnog lanca, koji su preko dupleksera (tzv. *T/R switcha*) spojeni na istu antenu (kriogenički ohlađena antena petlja na koju je spojena LC prilagodna mreža). Jedan od težih inženjerskih problema u NMR spektroskopiji jest postizanje dobre osjetljivosti prijemnog lanca. Nedavno istraživanje pokazalo je da šumna svojstva prijemnog lanca ne ovise samo o dobrom rezonantnom prilagođenju antene. U navedenom istraživanju analiziran je ukupan faktor šuma prijemnog lanca uz pretpostavku savršenog prilagođenja svih elemenata lanca. Kao glavni zaključak, pokazano je da se osjetljivost prijemnog lanca može znatno poboljšati smanjenjem gubitaka elemenata na početku lanca (*T/R switch*, duplekser i kabel koji spaja antenu i prijemni lanac).

U posljednje vrijeme napravljen je pomak u analizi šumnih svojstava prijemnog lanca i to razvojem numeričkog modela lanca koji omogućuje preciznu procjenu i optimizaciju osjetljivosti sustava. Model se temelji na mjernim rezultatima dobivenima apriornom eksperimentalnom karakterizacijom svih elemenata sustava. Na taj način model u obzir uzima sve nesavršenosti poput neprilagođenja ili nelinearnosti elemenata sustava. Pokazano je da ponekad nije dovoljno koristiti niskošumna, kriogeno ohlađena predpojačala kako bi se popravila šumna svojstva i osjetljivost sustava, nego da ona uvelike ovise i o šumnim svojstvima spektrometra. Da bi se šumna svojstva sustava približila svome optimumu, potrebno je povećati odnos signal-šum na samoj anteni, izraditi ekstremno niskošumno pojačalo velikog pojačanja i ekstremno niskošumni duplekser.

[1] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, John Wiley and Sons, SAD, 1982.

[2] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, John Wiley and Sons, SAD, 2011.

[3] A. Abragam, *The Principles of Nuclear Magnetism*, Oxford at the Clarendon Press, UK, 1961.

[4] C. P. Slichter, *Principles of Magnetic Resonance*, Springer-Verlag, Njemačka, 1990.

[5] E. Fukushima i S. B. W. Roeder, *Experimental Pulse NMR: A Nuts and Bolts Approach*, Addison-Wesley Publishing Company Inc., Kanada, 1981.

[6] A. Gafner, *Construction of NMR equipment to be used in the Physical Properties Measurement System (PPMS, Quantum Design)*, doktorska disertacija, University of Zurich, Švicarska, srpanj 2000.

[7] O. Nalcioglu i Z. H. Cho, *Limits to signal-to-noise improvement by FID averaging in NMR imaging*, Phys. Med. Biol., 1984, Vol. 29, No. 8, 969-978, UK

[8] P. Kolar, S. Hrabar i M. S. Grbić, *Towards Optimal Noise Properties of NMR Antenna-Receiver Chain*, Proceedings on EuCAP 2017, 1057-1059, Francuska, 2017.