

**Eduard LUNCĂ**

**SISTEME PENTRU MĂSURAREA  
ȘI MONITORIZAREA POLUĂRII  
ELECTROMAGNETICE**

**Studii teoretice și experimentale**

editura pim  
Iași, 2015

Referenți științifici:

**Prof. univ. dr. ing. Valeriu David**

**Prof. univ. dr. ing. Alexandru Sălceanu**

editura pim

Editură acreditată CNCSIS – 66/2010

Șoseaua Ștefan cel Mare și Sfânt nr. 4, Iași – 700497

Tel.: 0730.086.676, 0732.430.407, 0733.004.203

Fax: 0332.440.715

email: editura@pimcopy.ro

www.pimcopy.ro

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României**

**LUNCĂ, EDUARD**

**Sisteme pentru măsurarea și monitorizarea poluării  
electromagnetice : studii teoretice și experimentale / Eduard Luncă. -  
Iași : PIM, 2015**

Conține bibliografie

ISBN 978-606-13-2849-9

537.8

Coperta:

Asist. dr. ing. Daniel Petrișor

## PREFAȚĂ

Pe măsură ce utilizarea energiei electrice și a noilor tehnologii IT&C devine tot mai intensă, cunoașterea nivelurilor câmpurilor electromagnetice ambientale prezintă o importanță deosebită atât din punct de vedere al compatibilității electromagnetice, în vederea diminuării efectelor interferențelor electromagnetice care pot apărea între diversele echipamente electrice și electronice, cât și din punct de vedere al compatibilității biologice, în scopul investigării posibilelor efecte adverse asupra organismelor vii și, evident, al asigurării unei protecții adecvate a acestora.

Caracterizarea și monitorizarea poluării electromagnetice constituie un proces dificil, care presupune, de cele mai multe ori, efectuarea unui important volum de măsurări. În același timp, multitudinea și diversitatea surselor generatoare de câmp, intenționate sau neintenționate, implică o gamă variată de metode de măsurare a acestuia, cerințele specifice măsurărilor de câmp putând influența substanțial metodele utilizate.

În acest context, lucrarea de față materializează o parte din preocupările autorului cu privire la măsurarea câmpurilor electromagnetice ambientale, înglobând rezultate ale cercetărilor efectuate în cadrul studiilor doctorale, în perioada octombrie 2002 – iulie 2008 și, într-o măsură mai mică, în cadrul studiilor postdoctorale, susținute financiar-logistic de proiectul POSDRU/89/1.5/S/57649, PERFORM-ERA, în perioada martie 2011 – februarie 2013. Rezultatele obținute au fost posibile și datorită finanțării asigurate de Ministerul Educației și Cercetării, prin Grant TD, cod CNCSIS 183, 2004 – 2006, și Program BD, cod CNCSIS 7, 2003 – 2007.

Plecând de la unele realizări prezentate în literatura de specialitate și analizând necesitățile în domeniu, mare parte a cercetărilor descrise în acest volum au avut drept finalitate dezvoltarea unor instrumente și sisteme moderne pentru măsurarea și monitorizarea poluării electromagnetice de joasă și radiofrecvență, cu aplicabilitate practică imediată. Eficacitatea soluțiilor propuse a fost demonstrată chiar în cadrul unor studii legate de caracterizarea ambientului electromagnetic, inclusiv prin efectuarea de măsurări comparative cu echipamente comerciale.

Prezentarea informațiilor este structurată pe șase capitole principale.

**Capitolul 1**, introductiv, tratează problematica generală a fenomenului de poluare electromagnetică. Se realizează o analiză sintetică a celor mai reprezentative surse de câmp, se trec în revistă studiile de evaluare a expunerii umane la câmpuri electromagnetice și se realizează o scurtă

analiză comparativă asupra celor mai relevante reglementări internaționale privind limitarea expunerii la radiații electromagnetice.

**Capitolul 2** este o sinteză dedicată sistemelor actualmente utilizate pentru măsurarea și monitorizarea poluării electromagnetice de radiofrecvență. În cadrul capitolului se fac clasificări și comparații, sunt evidențiate aspecte specifice legate de cele mai importante tipuri de instrumente și sisteme, se pun în evidență avantajele și dezavantajele fiecăror, se subliniază tendințele în dezvoltarea lor, se analizează tehnicile de calibrare.

În **Capitolul 3** se prezintă, în detaliu, proiectarea, implementarea și verificarea funcționalității unui măsurător uniaxial de câmp magnetic, denumit MFM 1.0, caracterizat printr-o sensibilitate ridicată, instrumentul putând măsura inducții magnetice cuprinse între câțiva nT și 200  $\mu$ T, și o bandă de frecvență extrem de largă, 40 Hz  $\div$  150 kHz. În mod tradițional, pentru acoperirea acestui domeniu de frecvență, sunt necesare două instrumente: unul lucrând în banda aproximativă 20 Hz  $\div$  2 kHz, iar celălalt, la frecvențe mai mari de 2 kHz.

În **Capitolul 4** se propune un sistem triaxial, automat, pentru evaluarea poluării magnetice de joasă frecvență, care înglobează toate funcțiile necesare caracterizării complete a acesteia: determinarea valorii efective a câmpului magnetic rezultat și a celor trei componente ortogonale; efectuarea de analize în domeniul timp și în domeniul frecvență; realizarea de monitorizări pe termen lung. Sensorul activ permite efectuarea de măsurări izotrope, în condițiile în care se menține aceeași bandă largă de frecvență, minim 40 Hz  $\div$  150 kHz.

**Capitolul 5** descrie modul de implementare și funcționare al unui sistem virtual de măsurare / monitorizare a radiației electromagnetice de RF, bazat pe analizorul de spectru R&S FS300 (9 kHz  $\div$  3 GHz) și tehnici de programare grafică LabVIEW. Software-ul dezvoltat aduce beneficii importante în procesul de măsurare a intensității câmpului electromagnetic de RF, precum: reducerea timpului de efectuare a măsurărilor; obținerea de rezultate complete și reproductibile; ușurință în operare, prin control programatic al parametrilor de reglaj; posibilitate de monitorizare pe termen lung; acces rapid la colecțiile de date, inclusiv din Microsoft Excel etc.

**Capitolul 6** prezintă rezultate ale unor studii de caracterizare a poluării electromagnetice dintr-o serie de zone și locații considerate reprezentative: locuințe, școli, zone cu linii de înaltă tensiune și zone din apropierea stațiilor de bază pentru telefonia mobilă. Nu mai puțin adevărat,

aceste măsurări au avut și un caracter comparativ, demonstrând eficiența și utilitatea practică a sistemelor descrise în capitolele anterioare.

Plecând de la rezultatele prezentate în această lucrare, intenționez să abordez următoarele direcții de cercetare:

- conceperea unor senzori activi / măsurătoare de câmp magnetic, a căror frecvență superioară de lucru să se extindă spre domeniul MHz;
- proiectarea și realizarea unor măsurătoare de câmp electric sau de câmp magnetic și electric, care să lucreze într-o bandă de frecvență foarte largă;
- dezvoltarea unor protocoale de măsurare și efectuarea de studii de caracterizare a poluării electromagnetice din zone și locații de real interes, inclusiv supravegheri pe termen lung.

Cartea se adresează în principal specialiștilor cu preocupări în domeniul măsurărilor de câmp electromagnetic, precum și studenților care urmează specializări de profil electric sau chiar axate pe problematica mediului înconjurător.

Recunoștința și respectul meu se îndreaptă către domnul profesor Mihai Crețu, pentru sprijinul și îndrumarea oferită în calitatea domniei sale de conducător de doctorat, în perioada ante-menționată, dar și către domnii profesori Alexandru Sălceanu și Valeriu David, pentru colaborarea fructuoasă și susținerea permanentă, atât în activitatea didactică, cât și în cea de cercetare, încă de la începutul activității mele în Facultatea de Electrotehnică. De asemenea, adresez mulțumiri colegilor din Laboratorul de Compatibilitate Electromagnetică, pentru climatul de lucru prietenos.

**Eduard Luncă**

# CUPRINS

<b>1. ASPECTE GENERALE PRIVIND IMPORTANȚA MONITORIZĂRII POLUĂRII ELECTROMAGNETICE</b> .....	1
1.1. Introducere .....	1
1.2. Surse de radiații electromagnetice și niveluri de expunere tipice .....	3
1.2.1. Echipamentele de transport și distribuție a energiei electrice .....	3
1.2.2. Aparatura electrocasnică .....	3
1.2.3. Telefoanele mobile și stațiile de bază ale acestora .....	6
1.2.4. Sistemele radar .....	7
1.2.5. Sistemele de securitate .....	8
1.2.6. Tramvaiele și trenurile electrice .....	9
1.2.7. Stațiile de radio și televiziune .....	9
1.3. Studii privind expunerea populației la câmpuri electromagnetice .....	10
1.4. Norme și reglementări internaționale vizând expunerea la câmpuri electromagnetice de RF .....	12
1.5. Câteva concluzii și recomandări .....	15
<b>2. SISTEME PENTRU MĂSURAREA ȘI MONITORIZAREA POLUĂRII ELECTROMAGNETICE</b> .....	16
2.1. Introducere .....	16
2.2. Sisteme de măsurare a CEM formate din blocuri cu utilizare largă .....	17
2.2.1. Antene .....	17
2.2.1.1. Factorul de antenă .....	18
2.2.1.2. Antene electrice .....	19
2.2.1.3. Antene magnetice .....	20
2.2.2. Aparate pentru măsurarea câmpului electromagnetic .....	21
2.2.2.1. Analizorul de spectru clasic .....	21
2.2.2.2. Receptorul de perturbații electromagnetice .....	24
2.2.2.3. Scurtă comparație între analizorul de spectru și receptorul de perturbații .....	25
2.3. Sisteme dedicate pentru măsurarea și monitorizarea poluării electromagnetice .....	26
2.3.1. Monitoare personale de RF .....	27

2.3.1.1. Considerații asupra răspunsului senzorilor .....	28
2.3.1.2. Considerații asupra tipului senzorilor .....	29
2.3.1.3. Parametri specifici și facilități .....	30
2.3.1.4. Monitor personal de bandă foarte largă .....	30
2.3.2. Sisteme de monitorizare zonală a radiației de RF .....	32
2.3.2.1. Sisteme de monitorizare pe arie restrânsă.....	33
2.3.2.2. Sisteme de monitorizare pe arie largă.....	33
2.3.3. Măsurătoare de câmp .....	34
2.3.3.1. Structura de bază a unui măsurător de RF .....	34
2.3.3.2. Concepții de proiectare .....	35
2.3.3.3. Măsurător de RF cu microprocesor.....	36
2.3.3.4. Calibrarea măsurătoarelor de câmp .....	37
<b>3. MĂSURĂTOR UNIAxIAL DE CÂMP MAGNETIC DE BANDĂ LARGĂ .....</b>	<b>40</b>
3.1. Introducere .....	40
3.2. Principiul de funcționare.....	40
3.3. Structura și modul de proiectare .....	42
3.3.1. Senzorul activ de câmp magnetic.....	42
3.3.1.1. Senzorul buclă extern.....	42
3.3.1.2. Amplificatorul cu câștig programabil .....	43
3.3.1.3. Filtrarea componentelor de joasă frecvență .....	44
3.3.1.4. Circuitul de integrare .....	46
3.3.1.5. Circuitele pentru selecția benzii de frecvență .....	46
3.3.1.6. Calculul valorii efective.....	47
3.3.2. Modulul de achiziție a datelor.....	42
3.4. Considerații constructive și funcționale .....	53
3.5. Măsurări automate .....	57
3.5.1. Interfața grafică a programului Uni-Field .....	58
3.5.2. Algoritmul programului Uni-Field.....	59
3.6. Analiza formei de undă a câmpului .....	62
3.7. Calibrarea instrumentului.....	63
<b>4. SISTEM TRIAXIAL DE BANDĂ LARGĂ PENTRU MĂSURAREA ȘI MONITORIZAREA CÂMPULUI MAGNETIC .....</b>	<b>65</b>
4.1. Introducere .....	65

---

4.2. Arhitectura de bază .....	66
4.3. Senzorul activ triaxial .....	66
4.4. Interfațarea cu calculatorul. Software-ul de măsurare.....	66
<b>5. SISTEM PENTRU MĂSURAREA ȘI MONITORIZAREA AUTOMATĂ A RADIĂȚIEI DE RADIOFRECVENȚĂ.....</b>	<b>76</b>
5.1. Introducere .....	76
5.2. Considerații generale asupra sistemului.....	76
5.3. Software-ul de măsurare .....	76
5.3.1. Interfața grafică cu utilizatorul. Funcționalitate.....	78
5.3.2. Algoritm.....	82
5.4. Analiza „off-line” a înregistrărilor.....	88
<b>6. STUDII DE CARACTERIZARE A POLUĂRII ELECTROMAGNETICE. MĂSURĂRI COMPARATIVE .....</b>	<b>91</b>
6.1. Introducere.....	91
6.2. Evaluarea câmpurilor magnetice din locuințe.....	93
6.3. Evaluarea câmpurilor magnetice din școli .....	99
6.4. Evaluarea câmpurilor magnetice din apropierea liniilor de înaltă tensiune. ....	103
6.5. Evaluarea câmpurilor electromagnetice de RF din apropierea stațiilor de bază pentru telefonie mobilă.....	104
<b>Bibliografie.....</b>	<b>109</b>



## BIBLIOGRAFIE

- Analog Devices, *AD637, High Precision, Wideband RMS-to-DC Converter*, Data Sheet, 2007.
- Antoniu M., *Măsurări electronice. Măsurări la frecvențe joase, înalte și optice*, Ediția a III-a, Editura Satya, Iași, 2002.
- ARPANSA, *Radiation Protection Standard for Maximum Exposure Levels to Radiofrequency Fields – 3 kHz to 300 GHz*, Radiation Protection Series No. 3, 2002.
- Arseneau R., Zelle J.J., *A Tri-Axis Electromagnetic Field Meter*, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 39, No. 1, 23-26 February 1990.
- Aslan E., *Radiation Detector*, U.S. Patent 4.518.912, May 21, 1985.
- Aslan E., *Ultra Wideband Electromagnetic Radiation Monitor*, Articol prezentat la întâlnirea anuală a Bioelectromagnetics Society (BEMS), St. Paul, 2001.
- Bedja M. et al., *Exposure of the French population to 50 Hz magnetic fields: EXPERS study*, Proceedings of Third European IRPA Congress, Helsinki, Finland, June 14-16, 2010.
- Bergqvist U., Friedrich G., Hamnerius Y., Martens L., Neubauer G., Thuroczy G., Vogel E., Wiart J., *Mobile Telecommunication Base Stations – Exposure to Electromagnetic Fields*, Report of a Short Term Mission within COST 244bis, [www.cost281.org](http://www.cost281.org), 2001.
- Bittner P., *Recommendations for Guidelines for Environment Specific Magnetic Field Measurements*, EMF RAPID Program Engineering Projects - Project #2, Section 2, pag. 2.16-2.27. Prepared by Magnetic Measurements for Oak Ridge National Laboratory EMF Research Program, U.S. Department of Energy, 1997.
- Bitzer R., *Broadband field strength measuring system up to 18 GHz*, Articol pentru Compliance Engineering, 1997.
- Bowman J.D., Kelsh M.A., Kaune W.T., *Manual for Measuring Occupational Electric and Magnetic Field Exposures*, US

- Department of Health and Human Services, Publication no. 98-154, 1998.
- Bracken T.D., *Comparison of Electrical Field Exposure Monitoring Instrumentation*, EPRI EA-4085, Final Report, June 1985, Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA, 1985.
- Canova A., Freschi F., Repetto M., *Evaluation of workers exposure to magnetic fields*, Eur. Phys. J. Appl. Physics, Vol. 52, No. 2, November 2010.
- COST 281 Project, *Mobile Phone Base Stations and Health*, COST 281 MCM and Workshop, Dublin, May 15<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup>, 2003.
- David V., Antoniu M., Vremeră E., *A triaxis broadband magnetic field meter for biomedical applications*, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Tomul XLIV, Fasc. 1-2, pag. 73-77, 1998.
- David V., Sălceanu A., Crețu M., **Luncă E.**, *The Survey of Electromagnetic Environment near RF Transmitters*, Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Symposium on Measurements for Research and Industry Applications, Atena, Grecia, 2004.
- David V., Crețu M., Sălceanu A., *One year period survey of residential magnetic fields*, Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Symposium on New Technologies in Measurement and Instrumentation, Gdynia-Jurata, Poland, Vol. I, pag. 325-330, 12-15 September 2005.
- David V., Sălceanu A., **Luncă E.**, *The Measurement of Electromagnetic Fields in Hospital Electrotherapy Rooms*, Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Symposium on New Technologies in Measurement and Instrumentation, Gdynia-Jurata, Poland, Vol. I, pag. 275-278, 12-15 September 2005.
- David V., Sălceanu A., Crețu E., *Măsurări în biomedicină și ecologie. Aplicații*, Editura Setis, Iași, 2005.
- David V., Crețu M., *Măsurarea intensității câmpului electromagnetic. Teorie și aplicații*, Casa de Editură Venus, Iași, 2006.
- David V., Nica I., Sălceanu A., Baltag O., *The measurement of radiofrequency electromagnetic fields in some special places*, 16<sup>th</sup> IMEKO TC4 Symposium Exploring New Frontiers of

Instrumentation and Methods for Electrical and Electronic Measurements, Florence, Italy, Sept. 22-24, 2008.

David V., Nica I., Sălceanu A., Breniuc L., *Monitoring of Environmental Low Frequency Magnetic Fields*, Environmental Engineering and Management Journal, Vol. 8, No. 5, pag. 1253-1261, September/October 2009.

Donciu C., **Luncă E.**, Crețu M., *Sisteme moderne de măsurare. Măsurări distribuite*, Editura Politehnicum, Iași, 2005.

EHFRAN Project, *Report on the level of exposure (frequency, patterns and modulation) in the European Union*, Part 1: Radiofrequency (RF) radiation, Deliverable Report D4 of EHFRAN Project, August 2010.

ETS-Lindgren, *HI-3603 VLF Survey Meter*, User's Manual, 2005.

ETS-Lindgren, *HI-3627 ELF Magnetic Field Meter*, User's Manual, 1992.

ETS-Lindgren, *Model 3121D Adjustable Dipole*, User Manual, 2008.

Federal Communications Commission, *Questions and Answers about Biological Effects and Potential Hazards of Radiofrequency Electromagnetic Fields*, OET BULLETIN 56, Fourth Edition, August 1999.

Fuller K., Gulson A.D., Judd P.M., Lowe A.J., Shaw J., *Radiofrequency Electromagnetic Fields in the Cookridge Area of Leeds*, NRPB-W23 Report, 2002.

Goiceanu C., Dănulescu R., *Occupational Exposure to Power Frequency Fields in Some Electrical Transformation Stations in Romania*, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE), Vol. 12, No. 2, 149-153, 2006.

Haider H., Neubauer G., Kollar M., *EMF measurement tasks and frequency selective evaluation methods for RF-communication facilities*, IEEE 6<sup>th</sup> International Symposium on Electromagnetic Compatibility and Electromagnetic Ecology, 2005.

Hauser J.P., *A 20 Hz to 200 kHz Magnetic Flux Probe for EMI Surveys*, IEEE Transactions on EMC, Vol. 32, Nr. 1, pag. 67-69, 1990.

- Health Canada, *Limits of Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields in the Frequency Range from 3 kHz to 300 GHz – Safety Code 6*, 1999.
- Helhel S., Ozen S., *Assesment of occupational exposure to magnetic fields in high-voltage substations (154 / 34.5 kV)*, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 128, No. 4, pag. 464-470, 2008.
- Henderson S.I., Bangay M.J., *Survey of RF exposure levels from mobile telephone base stations in Australia*, Bioelectromagnetics, Vol. 27, Nr. 1, pag. 73-76, 2006.
- Hudson V., *EMI Measurements, Test Receiver vs. Spectrum Analyzer*, Rohde&Schwarz, 2004.
- ICNIRP, *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*, Health Physics, Volume 74, Number 4, April 1998.
- ICNIRP, *Guidance on Determining Compliance of Exposure to Pulsed Fields and Complex Non-Sinusoidal Waveforms below 100 kHz with ICNIRP Guidelines*, Health Physics 84 (3), pag. 383-387, 2003.
- IEEE AC Fields Working Group, *A Protocol for Spot Measurements of Residential Power Frequency Magnetic Fields*, IEEE Transactions on Power Delivery, PWRD-8, 1993.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers, *IEEE Recommended Practice for Instrumentation: Specifications for Magnetic Flux Density and Electric Field Strength Meters – 10 Hz to 3 kHz*, 1994.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers, *IEEE Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines (IEEE Std 644-1994)*, 1995.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers, *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0 – 3 kHz (IEEE Std C95.6™-2002)*, 2002.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers, *Recommended Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields with Respect to Human Exposure, 100 kHz – 300 GHz (IEEE C95.3-2002)*, 2002.

- Institute of Electrical and Electronics Engineers, *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz – Amendment 1: Specific Absorption Rate (SAR) Limits for the Pinna (IEEE C95.1B-2004)*, 2004.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers, *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz (IEEE Std C95.1, 2005 Edition)*, 2005.
- Kanda M., *Standard probes for electromagnetic field measurements*, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 41, No. 10, pag. 1349-1364, Oct. 1993.
- Karabetsos E., Filippopoulos G., Koutounidis D., Govari C., Skamnakis N., *ELF Electric and Magnetic Fields Measurements in Greece*, COST 281 / EMF-NET seminar on The Role of Dosimetry in High-Quality EMF Risk Assessment, Ljubljana, Slovenia, September 13, 2006.
- Karipidis K.K., *Measurement of Residential Power Frequency Magnetic Fields*, ARPANSA, Technical Report 134, March 2002.
- Kaune W.T., Niple J.C., Liu M.J., Silva J.M., *Small Integrating Meter for Assessing Long-term Exposure to Magnetic Fields*, Bioelectromagnetics, Vol. 13, pag. 413-427, 1992.
- Kaune W.T., Zaffanella, L.E., *Analysis of magnetic fields produced far from electric power lines*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 7, No. 4, pag. 2082-2091, 1992.
- Kaune W.T., Darby S.D., Gardner S.N., Hrubec Z., Iriye R.N., Linet M.S., *Development of a protocol for assessing time-weighted-average exposures of young children to power-frequency magnetic fields*, Bioelectromagnetics, Vol. 15, No. 1, pag. 33-51, 1994.
- Kim Y.S., Cho Y.S., *Exposure of Workers to Extremely Low Frequency Magnetic Fields and Electric Appliances*, Occup. Health, No. 43, pag. 141-149, 2001.
- Kokalari I., *Evaluation of the Exposure to Electromagnetic Fields in Gjirokastra Region*, J. Electromagnetic Analysis & Applications, No. 2, pag. 283-286, 2010.

- Luncă E.**, Sălceanu A., Hanganu S., Donciu C., *Virtual Instrument Aiming To Extend The Capabilities Of The Spectrum Analyzers*, Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Symposium on Measurements for Research and Industry Applications, Atena, Grecia, 2004.
- Luncă E.**, Sălceanu A., David V., Crețu M., *Dealing with Electromagnetic Interference Problems by Using Near-Field Probes*, Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Electromechanical and Power Systems, Chișinău, Rep. Moldova, 2005.
- Luncă E.**, Donciu C., Sălceanu A., David V., *Testing and Monitoring Systems Based on Virtual Instrumentation*, Buletinul Institutului Politehnic Iași, Tomul LII (LVI), FASC. 5, Electrotehnică, Energetică, Electronică, pag. 1037-1042, 2006.
- Luncă E.**, David V., Sălceanu A., *Broadband Tri-axis Magnetic Field Measurement System*, Proceedings of the 15<sup>th</sup> IMEKO TC 4 International Symposium on Novelties in Electrical Measurements and Instrumentation, Iași, 2007.
- Luncă E.**, *Cercetări privind sistemele de măsură, control și monitorizare a nivelului poluării electromagnetice*, Teză de doctorat, Iași, 2008.
- Luncă E.**, David V., Sălceanu A., Neacșu O., *Broadband Magnetic Field Meter*, Buletinul Institutului Politehnic Iași, Tomul LIV (LVIII), Fasc. 3, pag. 387-392, 2008.
- Luncă E.**, Istrate M., Sălceanu A., Țibuliac Ș., *Computation of the Magnetic Field Exposure from 110 kV Overhead Power Lines*, 7<sup>th</sup> International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering, Iași, Romania, pag. 628-631, 25-27 octombrie 2012.
- Luncă E.**, Sălceanu A., Ursache S., *Automated Measurement and Monitoring of the Electromagnetic Fields from GSM Systems*, Journal of Clean Energy Technologies, Vol. 1, No. 3, pag. 174-177, July 2013.
- Luncă E.**, Istrate M., Sălceanu A., *Comparative analysis of the extremely low-frequency magnetic field exposure from overhead power lines*, Environmental Engineering and Management Journal, Vol.12, No. 6, pag. 1145-1152, June 2013.
- Luncă E.**, *Compatibilitate Electromagnetică. Teste și măsurări specifice*, Editura PIM, Iași, 2015.

- Macintyre S.A., *Magnetic Field Measurement*, CRC Press LLC., 2000.
- Mancini R., *Op Amps for Everyone*, Second Edition, Newnes, 2003.
- Mann S.M., Cooper T.G., Allen S.G., Blackwell R.P., Lowe A.J., *Exposure to Radio Waves Near Mobile Phone Base Stations*, NRPB R321 Report, June 2000.
- Maruvada P.S., *Characterization of power frequency magnetic fields in different environments*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 8, No. 2, pag. 598-606, 1993.
- McLean J., Sutton R., Hoffman R., *Interpreting Antenna Performance Parameters for EMC Applications*, TDK RF Solutions, 2003.
- Miclaus S., Bechet P., *Estimated and measured values of the radiofrequency radiation power density around cellular base stations*, Romanian Journal of Physics, vol. 52, No. 3-4, pag. 399-410, 2007.
- Miclaus S., Calota V., *In Situ Radiofrequency Field Level Assessment in two urban areas in Romania: Open Questions to Electromagnetic Pollution*, Environmental Engineering and Management Journal, Vol. 9, No. 5, pag. 713-719, May 2010.
- Microchip Technology, *In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) Guide*, May 2003.
- Microchip Technology, *PIC16F87XA. 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers*, Data Sheet, 2003.
- Misakian M., Fenimore C., *Distributions of Measurement Errors for Three-Axis Magnetic Field Meter During Measurements*, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 45, No. 1, pag. 244-249, 1996.
- Müllner W., Neubauer G., Haider H., *Precise Power Flux Density Measurements at Base Stations*, Compliance Engineering – Annual Reference Guide, pag. 72-77, 2002.
- Munteanu C., Diaconu C., Pop I.T., Merdan E., *Electric and Magnetic Field Distribution Inside High and Very High Voltage Substations belonging to the Romanian National Power Grid*, EMC Suceava, 2008.

- Munteanu C., Pop I.T., Diaconu C., Iliu M., *Human Exposure to Power Frequency Electric and Magnetic Fields inside a Very High Voltage Power Station*, 9<sup>th</sup> International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation, EPQU 2007, Barcelona, 2007.
- Narda STS, *HF, RF & Microwave Brochure*, 2005.
- National Instruments, *LabVIEW. Measurements Manual*, April 2003.
- Nicolau E. (coordonator), *Manualul inginerului electronist – Măsurări electronice*, Editura Tehnică, București, 1979.
- Olsen R.G. ș.a., *Magnetic fields from electric power lines: theory and comparison to measurements*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 3, No. 4, pag. 2127-2136, 1988.
- Olsen R.G., Backus S.L., Steams R.D., *Development and validation of software for predicting ELF magnetic fields near power lines*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 10, No. 3, pag. 1525-1534, 1995.
- Olsen R.G., Wong P.S.K., *Characteristics of low frequency electric and magnetic fields in the vicinity of electric power lines*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 7, No. 4, pag. 2046-2055, 1992.
- Rauch G.B., Chang G., Keller M., Bracken T.D., *Protocol for Measurement of Transmission and Distribution Line Workplace Magnetic Fields by Waveform Capture*, Proceedings of the IEEE/PES Transmission and Distribution Conference, Chicago, 1994.
- Rezoluția Parlamentului European din 2 aprilie 2009 referitoare la problemele de sănătate provocate de câmpurile electromagnetice (2008/2211(INI)), *Preocupări privind efectele câmpurilor electromagnetice asupra sănătății*, Jurnalul Oficial al Uniunii Europene, 27.05.2010.
- Rohde&Schwarz, *Spectrum analyzer R&S FS300*, Operating Manual, 2007.
- Rohner C., *Antenna Basics*, Rohde&Schwarz, November 1999.
- Sălceanu A., **Luncă E.**, Neacșu O., Păuleț M., Ursache S., *Compatibilitate Electromagnetică. Aplicații*, Editura PIM, Iași, 2015.



- Schaefer W., *Narrowband and Broadband Discrimination with a Spectrum Analyzer or EMI Receiver*, Conformity, pag. 26-32, Decembrie, 2007.
- Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks – SCENIHR, *Health Effects of Exposure to EMF*, 19 January 2009.
- Seibersdorf Laboratories, *PCD – Precision Conical Dipole Antenna*, Manual, 2009.
- Statista, *Number of mobile phone users worldwide from 2013 to 2019 (in billions)*, <http://www.statista.com/statistics/274774/forecast-of-mobile-phone-users-worldwide/>, Accesat 2015.
- Tandler D., *Measurement of Low Frequency Electrical and Magnetic Fields*, EMF Congress, March 29, 1995.
- Texas Instruments, *INA103, Low Noise, Low Distorsion Instrumentation Amplifier*, Data Sheet, 2007.
- Weston D.A., *Electromagnetic Compatibility. Principles and Applications*, Marcel Dekker, Inc., New York, 2001.
- World Health Organization, *Electromagnetic fields and public health: radars and human health*, Fact Sheet N°226, June 1999.
- World Health Organization, *Electromagnetic fields and public health: mobile telephones and their base stations*, Fact Sheet N°193, June 2000.
- World Health Organization, *Electromagnetic fields and public health: exposure to extremely low frequency fields*, Fact Sheet N°322, June 2007.
- World Health Organization, *Establishing a Dialogue on Risks from Electromagnetic Fields*, WHO Handbook, 2002.
- [www.rfsafety.com](http://www.rfsafety.com)
- Zhong C., *EMC Antenna Fundamentals*, Conformity: The Annual Guide, pag. 102-114, 2004.



Tipar digital realizat la Editura și Tipografia pim  
Șoseaua Ștefan cel Mare și Sfânt nr. 4, Iași – 700497  
Tel.: 0730.086.676, 0732.430.407, 0733.004.203;  
Fax: 0332.440.715  
E-mail: editura@pimcopy.ro  
[www.pimcopy.ro](http://www.pimcopy.ro)