



**UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI" IAȘI**  
**FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ, ENERGETICĂ**  
**ȘI INFORMATICĂ APLICATĂ**  
**DEPARTAMENTUL DE ENERGETICĂ**



**Conf. dr. ing. Bogdan-Constantin Neagu**

**TEZĂ DE ABILITARE**

**CONTRIBUȚII PRIVIND ANALIZA ȘI OPTIMIZAREA**  
**REGIMURILOR DE FUNCȚIONARE ALE**  
**REȚELELOR ELECTRICE**

**– 2023 –**

## Rezumat

al tezei de abilitare cu titlul

### „CONTRIBUȚII PRIVIND ANALIZA ȘI OPTIMIZAREA REGIMURILOR DE FUNCȚIONARE ALE REȚELELOR ELECTRICE”

Teza de abilitare prezintă cele mai importante realizări ale autorului după obținerea titlului de doctor la Universitatea Tehnică ”Gheorghe Asachi” din Iași, în anul 2014, cu teza de doctorat intitulată ”*Contribuții privind optimizarea structurii și regimurilor de funcționare ale sistemelor de repartiție și distribuție a energiei electrice*”, sub îndrumarea domnului prof. univ. dr. ing. Mircea Dan Gușă.

Rezultatele obținute pe parcursul a 15 de ani de cercetare în domeniul proiectării, monitorizării și planificării rețelelor electrice de transport și distribuție se referă la următoarele direcții de cercetare abordate: modelarea și profilarea sarcinii; calitatea energiei electrice; optimizarea regimurilor de funcționare și metode de creștere a eficienței energetice în rețelele electrice; influența surselor de generare distribuită asupra rețelelor electrice și identificarea soluțiilor de tranzacționare a energiei produse de prosumatori. Aceste direcții de cercetare au avut ca motivație evoluțiile tehnologice din domeniul energetic și tranziția către conceptul de ”Smart Grids”, care necesită introducerea unui management eficient al bazelor de date de mari dimensiuni, esențial în procesul de luare a deciziilor în analiza și exploatarea optimă a rețelelor electrice. În cadrul acestui deziderat se impune minimizarea calculelor de rutină, dar mai ales clasificarea datelor și realizarea unor sarcini complexe (analize selective, optimizare multicriterială, studiu în timp real etc). În acest context, rezolvarea unor probleme practice, legate de analiza și optimizarea regimurilor de funcționare ale rețelelor electrice, poate face apel la soluții ce îmbină tehnicile numerice tradiționale de programare matematică cu facilitățile oferite de tehnicile moderne de inteligență artificială. Acestea din urmă sunt folosite în toate etapele de analiză, dar mai cu seamă pentru surmontarea unor dificultăți legate de: modelarea multiobiectiv, tratarea restricțiilor, considerarea incertitudinilor.

Teza, orientată în principal către aplicarea concretă a metodelor clasice deterministe și a tehnicilor de inteligență artificială (în principal metaeuristice) în rezolvarea unor probleme ce privesc analiza și optimizarea regimurilor de funcționare ale rețelelor electrice cuprinde 5 capitole care vor fi prezentate sintetic în cele ce urmează.

**Capitolul 1** prezintă sintetic aspectele care stau la baza analizei funcționării rețelelor electrice de transport și distribuție, din perspectiva implementării tehnologice moderne în domeniul energetic și tranziției către conceptul de ”Smart Grids” evidențiindu-se încadrarea subiectelor abordate în problematicile generale. Contribuțiile importante în această direcție sunt reprezentate de publicarea a patru cărți de specialitate (trei în străinătate și două în țară), în calitate de autor principal sau co-autor:

1. Grigoraș G., Scarlatache F., **Neagu B.C.**, Clustering in Power Systems. Applications, Lambert Academic Publishing, Germania, 2016, ISBN: 978-3-330-01545-6.
2. **Neagu B.C.**, Gavrițaș M., Ivanov O., Grigoraș G., The Crowdsourcing Concept-Based Data Mining Approach Applied in Prosumer Microgrids, Capitolul 5 in cartea The Future of Data Mining, Editor Cem Ufuk Baytar, Nova Science Publishers, USA, 2022, pp. 77 – 94, ISBN: 978-1-53618-508-9.
3. **Neagu B.C.**, Grigoraș G., Ivanov O. (2019). The optimal operation of active distribution networks with smart systems. *Advanced Communication and Control Methods for Future Smartgrids*, 3, IntechOpen Press, London.
4. **Neagu B.C.**, Strategia planificării sistemelor de distribuție, vol. 2, Editura PIM, Iași, Romania, 2018, ISBN 978-606-13-4696-7

**Capitolul 2** tratează problema este dedicat analizei principiilor de bază ale metodologiilor de profilare a consumului de energie electrică urmărindu-se selectarea metodologiei optime care să permită realizarea profilelor privind consumul de energie electrică. Această metodologie de profilare va fi implementată întocmindu-se o bază de date care să conțină curbele tip de sarcină pentru toate categoriile de consumatori. Prin utilizarea în mod rațional a bazei de date care conține profilurile tip de sarcină ale consumatorilor se va selecta metodologia de modelare matematică a curbelor de sarcină folosindu-se un număr cât mai redus de informații și se va indica metoda cea mai eficientă de corecție a acestor curbe de sarcină modelate matematic în așa fel încât să se realizeze o apropiere cât mai mare față de curbele reale de sarcină activă și reactivă din nodurile sistemelor de distribuție a energiei electrice. Acest aspect a fost evidențiat în studiul de caz unde pe baza metodologiei selectate a fost analizată, în detaliu, o rețea de distribuție (20 kV) unde s-au modelat curbele zilnice de sarcină din noduri, utilizate ulterior în studiile de optimizare a regimurilor de funcționare. Tot aici au fost prezentate și tehnicile de explorare a datelor pentru identificarea datelor aberante, a valorilor neconforme din curbele tip de sarcina, și a celor de clustering pentru identificarea profilului tip de putere activă injectată ale prosumatorilor conectați în nodurile rețelelor electrice. Cele mai importante contribuții în această direcție sunt reprezentate de publicarea unui articol în revistă indexată WoS, 2 capitol de carte indexat WoS (în străinătate Springer) și 8 articole în volumele conferințelor ECAI, ISFEE, CPE-POWERENG și ATEE indexate WoS, în calitate de autor principal sau coautor:

1. **Neagu B.C.**, Gavrilaş M., Ivanov O., Grigoras, G., Load Modeling Approaches in Smart Grids: An Overview. In International Conference Interdisciplinarity in Engineering, Cham: Springer International Publishing, pp. 533-561, 2021.
2. Grigoras G., **Neagu B. C.**, Regression Analysis-Based Load Modelling for Electric Distribution Networks. Numerical Methods for Energy Applications, pp.769-794, 2021.
3. Neagu B. C., Georgescu G., Possibilities of load curves modelling in electric energy distribution networks. Bull. Polyt. Instit. Iasi, 60, 89-102, 2014.
4. Grigoras G., Scarlatache FI, **Neagu B. C.**, Clustering in power systems. Applications, Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing (2016).
5. Grigoraş G., Raboaca M.S., Dumitrescu C., Manea D.L., Mihaltan T.C., Niculescu V. C., **Neagu B.C.**, Contributions to Power Grid System Analysis Based on Clustering Techniques. Sensors.; 23(4):1895, 2023.
6. **Neagu B.C.**, Grigoraş G., Scarlatache F., Schreiner C., Ciobanu R., "Patterns discovery of load curves characteristics using clustering based data mining," 2017 11th IEEE International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWER ENG), Cadiz, Spain, 2017, pp. 83-87, doi: 10.1109/CPE.2017.7915149.
7. **Neagu B.C.**, Grigoraş G., Scarlatache F., "Outliers discovery from Smart Meters data using a statistical based data mining approach," 2017 10th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), Bucharest, Romania, 2017, pp. 555-558, doi: 10.1109/ATEE.2017.7905046.
8. **Neagu B.C.**, Grigoraş G., "A Data-Mining-Based Methodology to Identify the Behavioural Characteristics of Prosumers within Active Distribution Networks," 2020 International Symposium on Fundamentals of Electrical Engineering (ISFEE), Bucharest, Romania, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ISFEE51261.2020.9756166.
9. Grigoras G., **Neagu B.C.**, Scarlatache F. (2023). Data Mining-Based Approaches in the Power Quality Analysis. In: Appasani, B., Bizon, N. (eds) Smart Grid 3.0. Power Systems. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-38506-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-031-38506-3_5).
10. **Neagu B.C.**, Grigoras G., Scarlatache F., "Influence of Outliers on Transformer Power Losses Estimation Using a Statistical Based Data Mining Approach," 2018 10th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI), Iasi, Romania, 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/ECAI.2018.8679002.
11. **Neagu B.C.**, Grigoras G., "Data Mining Tools in Electricity Distribution Systems." Acta Electr. J. 56.3 (2015): 209-212.
12. Toma N. C., Gavrilaş M., **Neagu B.C.** (2018). Application of smart metering systems for energy losses assessment and forecasting in distribution systems. Prace Naukowe Politechniki Śląskiej. Elektryka.

**Capitolul 3** prezintă contribuțiile referitoare la problema calității energiei electrice din punct de vedere al regimului deformant. Un efect negativ al acestor regimuri îl reprezintă creșterea pierderilor de putere în liniile electrice și în transformatoarele de putere. Deși inițial pentru determinarea pierderilor de putere și energie se consideră regimul simetric sinusoidal, în realitate acest aspect conduce deseori la supraîncărcarea liniilor electrice, dar mai ales a conductorului de nul. Cele mai importante contribuții în această direcție sunt reprezentate de publicarea unui capitol de carte în străinătate, indexat BDI-SCOPUS, 1 articol în volumul

conferinței EPE, respectiv 2 articole în volumele conferințelor ECAI, ATEE și ISFEE indexate WoS, în calitate de autor principal sau coautor:

1. Georgescu G., **Neagu B.C.**, (2009, September). Pollution with harmonics in public electric energy repartition and distribution system. In Proc. of ISEEEC (pp. 251-256).
2. **Neagu B.C.**, Georgescu G., Ivanov O. (2016, October). The impact of harmonic current flow on additional power losses in low voltage distribution networks. In 2016 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE) (pp. 719-722). IEEE.
3. **Neagu B.C.**, Georgescu G., Aspects Regarding the Low Voltage Distribution Networks Operation in Non-Sinusoidal State, Revista Energetica, nr. 4, 2016.
4. **Neagu B.C.**, Grigoraș G., Scarlatache F. (2016, June). The influence of harmonics on power losses in urban distribution networks. In 2016 International Symposium on Fundamentals of Electrical Engineering (ISFEE) (pp. 1-4). IEEE.
5. **Neagu B.C.**, Ivanov O., Grigoras G. (2019, March). The Influence of Harmonics on Additional Power Losses at Large Enterprises. In 2019 11th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE) (pp. 1-4). IEEE.
6. **Neagu B.C.**, Grigoras G., Scarlatache F. (2016, June). Power losses estimation in harmonic polluted LV distribution networks with a fuzzy approach. In 2016 8th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI) (pp. 1-6). IEEE.
7. **Neagu B.C.**, Grigoras G., Livadariu R. (2023, June). Additional Power Losses Estimation in Harmonic Polluted LV Distribution Grid using a Ward's Hierarchical Clustering Method. In 2023 15th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI) (pp. 1-5). IEEE.
8. Georgescu G., **Neagu B.C.**, Ivanov O., The Evaluation of Active Power Losses in Low Voltage Distribution Systems Operated in Distorting Steady State. Bul. Inst. Politehnic, Iași, 62(66), 2.

**Capitolul 4** se referă la problema analizei și optimizării regimurilor de funcționare ale rețelelor de distribuție. Contribuțiile autorului la acest capitol se împart în:

#### 4.1 Contribuții privind amplasarea optimă a surselor de putere reactivă:

- evidențierea influențelor pe care conectarea surselor de putere reactivă le poate avea asupra soluțiilor de reglare a tensiunii într-o rețea reală de distribuție utilizând o metodă bazată pe inteligența artificială;
- problema optimizării surselor de putere reactivă a fost rezolvată prin amplasarea unui număr cunoscut de BC în nodurile unei rețele reale de distribuție, cu ajutorul unei abordări metaeuristice algoritmul liliacului (engl. Bat Algorithm)
- în colaborare cu colegii specialiști în domeniul rețele și sisteme electroenergetice, în vederea validării soluțiilor obținute, s-a propus algoritmul balenei (engl. Whale Algorithm), raportând totul la algoritmul roiului de particule (engl. Particle Swarm Optimization).
- Cele mai importante publicații sunt 1 articol revistă zonă galbenă și diferite lucrări în volumele conferințelor.
  1. **Neagu B.C.**, Ivanov O., Georgescu G. (2016, October). Reactive power compensation in distribution networks using the bat algorithm. In 2016 International conference and exposition on electrical and power engineering (EPE) (pp. 711-714). IEEE.
  2. **Neagu B.C.**, Ivanov, O., Gavrilas, M. (2017, June). Voltage profile improvement in distribution networks using the whale optimization algorithm. In 2017 9th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI) (pp. 1-6). IEEE.
  3. **Neagu B.C.**, Gavrilas M., Matei G. G. (2018, June). Voltage/VAR Control with Reactive Power Injection in Distribution Networks using a Proper Metaheuristic Approach. In 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe) (pp. 1-6). IEEE.
  4. **Neagu B.C.**, Grigoras G. (2017). An efficient metaheuristic algorithm for optimal capacitor allocation in electric distribution networks. In 2nd International Conference on Software, Multimedia and Communication Engineering (SMCE 2017), in DEStech Transactions on Computer Science and Engineering Journal (pp. 327-328).
  5. Ivanov O., **Neagu B.C.**, Gavrilas M. (2017, June). A parallel PSO approach for optimal capacitor placement in electricity distribution networks. In 2017 International Conference on Modern Power Systems (MPS) (pp. 1-5). IEEE.
  6. **Neagu B.C.**, Ivanov O., Gavrilas M. (2017, October). A comprehensive solution for optimal capacitor allocation problem in real distribution networks. In 2017 International Conference on Electromechanical and Power Systems (SIELMEN) (pp. 565-570). IEEE.

7. Ivanov O., **Neagu B.C.**, Gavrilas M. (2017, October). Voltage profile improvement in electricity distribution networks—A genetic algorithm benchmark study. In 2017 International Conference on Electromechanical and Power Systems (SIELMEN) (pp. 560-564). IEEE.
8. Ivanov O., **Neagu B.C.**, Grigoras G., Gavrilas M. (2019, June). Capacitor banks placement optimization improvement using the sperm whale algorithm. In 2019 11th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI) (pp. 1-4). IEEE.
9. Ivanov O., **Neagu B.C.**, Grigoras G., Gavrilas M. (2019). Optimal capacitor bank allocation in electricity distribution networks using metaheuristic algorithms. *Energies*, 12(22), 4239.

Contribuțiile autorului referitoare la reglajul tensiunii:

- evidențierea influențelor plotului transformatorului în sarcină le poate avea asupra soluțiilor de reglare a tensiunii într-o rețea reală de distribuție utilizând o metodă bazată pe inteligența artificială;
- reglarea optimală a tensiunii într-o rețea de distribuție, constă în menținerea valorii optime a tensiunii într-un punct (nod) reprezentativ, a cărui distanță electrică echivalentă față de barele stației de alimentare este denumită impedanță imagine;
- în colaborare cu colegii specialiști în domeniul rețele și sisteme electroenergetice, în vederea validării soluțiilor obținute, s-a propus o lege de reglaj care are la bază metoda compensării căderilor de tensiune.
- Cele mai importante publicații sunt următoarele:
  1. **Neagu B. C.**, Grigoras G. (2019, October). Optimal voltage control in power distribution networks using an adaptive on-load tap changer transformers techniques. In 2019 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN) (pp. 1-6). IEEE.
  2. **Neagu B.C.**, Gavrilas M., Grigoras G., Ivanov O. (2019, October). Voltage control in microgrids in the presence of small-scale renewable energy source. In 2019 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN) (pp. 1-4). IEEE.
  3. Matei G. G., **Neagu B.C.**, Gavrilas M. (2018, June). Optimal voltage control based on a modified line drop compensation method in distribution systems. In 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe) (pp. 1-6). IEEE.
  4. **Neagu B.C.**, Grigoras G., Ivanov O. (2019). The optimal operation of active distribution networks with smart systems. *Advanced Communication and Control Methods for Future Smartgrids*, 3, IntechOpen Press, London.

4.3 Contribuțiile autorului referitoare la creșterea eficienței energetice în rețelele de distribuție în prezența surselor mici de generare distribuită constă în :

- metodă euristică de integrare a prosumatorilor în rețelele electrice de distribuție de JT.
- nouă metodologie de tranzacționare a surplusului de energie provenit de la prosumaotri, utilizând conceptul de blockchain.
- Metodele și strategiile propuse au fost testate folosind date reale reprezentate și caracteristicile topologice și de material ale rețelelor de distribuție urbane și rurale aparținând unui operator de distribuție din România.
- Cele mai importante publicații sunt următoarele:
  1. **Neagu B.C.**, Ivanov O., Grigoras G., Gavrilas M., 2020. A new vision on the prosumers energy surplus trading considering smart peer-to-peer contracts. *Mathematics*, 8(2), p.235.
  2. **Neagu B.C.**, Grigoras G., Ivanov O., 2019, May. An efficient peer-to-peer based blockchain approach for prosumers energy trading in microgrids. In 2019 8th International Conference on Modern Power Systems (MPS) (pp. 1-4). IEEE.
  3. **Neagu B.C.**, Ivanov O., Grigoras G., Gavrilas M., Istrate D.M., 2020. New market model with social and commercial tiers for improved prosumer trading in microgrids. *Sustainability*, 12(18), p.7265.
  4. Luca M.A., **Neagu B.C.**, Ivanov O., Gavrilas M., Grigoras G., 2021, October. A Deeper Analysis about the Impact of Prosumers on Power Losses in Low Voltage Microgrids. In 2021 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN) (pp. 155-158). IEEE.
  5. Tanwar S., Kumari A., Vekaria D., Raboaca M.S., Alqahtani F., Tolba A., **Neagu, B.C.**, Sharma R., 2022. GrAb: A deep learning-based data-driven analytics scheme for energy theft detection. *Sensors*, 22(11), p.4048.

6. Grigoras G., **Neagu B.C.** (2019). Smart Meter Data-based three-stage algorithm to calculate power and energy losses in low voltage distribution networks. *Energies*, 12(15), 3008.
7. **Neagu B.C.**, Gavrilas M., Grigoras G., Ivanov O. (2019, October). Voltage control in microgrids in the presence of small-scale renewable energy source. In 2019 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN) (pp. 1-4). IEEE.
8. **Neagu B.C.** and Grigoraş G., 2020, June. A fair load sharing approach based on microgrid clusters and transactive energy concept. In 2020 12th international conference on electronics, computers and artificial intelligence (ECAI) (pp. 1-4). IEEE.
9. Ivanov O., **Neagu B.C.**, Cibotărică A., Gavrilaş M., 2021, October. Multiobjective Prosumer Surplus Management for Optimal Microgrid Operation. In 2021 10th International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT (CIEM) (pp. 1-5). IEEE.
10. Ivanov O., **Neagu B.C.**, Gavrilas M., Grigoras G., 2021. A Phase Generation Shifting Algorithm for Prosumer Surplus Management in Microgrids Using Inverter Automated Control. *Electronics*, 10(22), p.2740.
11. Jasim A.M., Jasim B.H., **Neagu B.C.**, Alhasnawi B.N., 2022. Efficient optimization algorithm-based demand-side management program for smart grid residential load. *Axioms*, 12(1), p.33.
12. **Neagu B.C.**, Grigoras G., Scarlatache F., 2023. Engineering Applications of Blockchain Based Crowdsourcing Concept in Active Distribution Grids. In *Smart Grid 3.0: Computational and Communication Technologies* (pp. 57-76). Cham: Springer International Publishing.
13. Luca M.A., Gavrilaş M., Ivanov O., **Neagu B.C.**, 2023, June. Efficient Operation Approach of Microgrids Enriched with Prosumers and Storage Systems. In 2023 10th International Conference on Modern Power Systems (MPS) (pp. 1-5). IEEE.
14. **Neagu B.C.**, Gavrilaş M., Ivanov O., Grigoraş G., The Crowdsourcing Concept-Based Data Mining Approach Applied in Prosumer Microgrids, Capitolul 5 in cartea *The Future of Data Mining*, Editor Cem Ufuk Baytar, Nova Science Publishers, USA, 2022, pp. 77 – 94, ISBN: 978-1-53618-508-9.
15. Banu I.V., Barkat F., Istrate M., Guerrero J.M., Culea G., Livinti P., Motas J.G., **Neagu B.C.**, Andrioaia D., 2023. Passive anti-Islanding protection for Three-Phase Grid-Connected photovoltaic power systems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 148, p.108946.

**Capitolul 5** se referă la planul de evoluție și dezvoltare a activităților didactice și de cercetare științifică. Pentru a crește relevanța și impactul activității de cercetare științifică sunt propuse următoarele direcții:

- creșterea eficienței în rețelele electrice și la consumatori,
- impactul noilor tehnologii de tip ”Smart Grids” asupra rețelelor electrice de distribuție,
- strategii privind tranziția către rețelele de distribuție active.

Îmbunătățirea calității activității didactice nu se poate realiza decât prin perfecționarea continuă în domeniul științific abordat. În scopul îmbunătățirii competențelor didactice, sunt propuse următoarele obiective:

- Participarea în stagii în universități din străinătate în calitate de profesor invitat inclusiv prin programul ERASMUS la universități din țară și străinătate.
- Participarea la programe de formare și scoli de vară desfășurate în cadrul universităților din țară și străinătate.
- Diversificarea metodelor didactice interactive, bazate pe creativitate colaborativă și parteneriat educațional.
- Stabilirea unei relații de parteneriat cu studenții.