

MINISTERUL EDUCAȚIEI
Universitatea Națională de Știință și Tehnologie
POLITEHNICA București

Blvd. Splaiul Independenței, nr. 313, sector 6, București



CENTRUL UNIVERSITAR PITEȘTI

Târgu din Vale, 1, 110040-Pitești, Romania

Tel./Fax: +40 348 453102; <http://www.upit.ro>

Nr.: din data de:



HABILITATION THESIS

- Abstract -

**Improving the efficiency of internal combustion engines (ICE)
by recovering waste heat with thermoelectric generators (TEG)**

Îmbunătățirea eficienței motoarelor cu ardere internă prin
recuperarea energiei pierdute utilizând generatoare termoelectrice

Domain: Automotive Engineering

Assoc. Prof. PhD Eng. Nicolae Vlad BURNETE

Technical University of Cluj-Napoca

2024

(A) Abstract

The habilitation thesis of candidate Assoc. Prof. Dr. Eng. Nicolae Vlad BURNETE aims to highlight his teaching and research capacity and performance by synthesizing the academic, scientific, and professional achievements as a result of the work done at the Technical University of Cluj-Napoca.

After receiving the Doctor of Science degree with the thesis "Studies and research on the influence of fuel injection on the emission of pollutants in compression ignition engines", in which the impact of replacing the main diesel injection with bioethanol (with the goal of reducing pollutant emissions of nitrogen oxides) was investigated, the candidate continued research on the possibilities of using biofuels and the impact of fuels in general on internal combustion engine operation, as evidenced by the articles published in this area. Later, during postdoctoral studies (with the project titled "Possibilities of increasing the overall efficiency of internal combustion engines by recovering waste heat energy using thermoelectric generators"), the candidate's research activity shifted to a new focus, namely increasing the efficiency of the internal combustion engine by recovering waste energy using thermoelectric generators. This new route required a thorough examination of the issues associated with the use of thermoelectric generators in internal combustion engines, as well as their modeling and simulation, in order to find and suggest solutions that would improve efficiency.

The chapter "Context of habilitation" analyzes the necessity for and context of the habilitation in science, in the field of automotive engineering. The second chapter, "Introduction," focuses on highlighting the key directions and challenges for internal combustion engines according to industry regulations, financing opportunities, mobility trends, and societal demands. The third chapter, entitled "The use of thermoelectric generators for improved ICE efficiency," discusses the use of thermoelectric generators for waste heat recovery of internal combustion engines. It begins with a thorough literature review ("Review and analysis of current trends in ICE waste heat recovery using TEGs") to highlight all pertinent aspects in this field, such as functional principles, efficiency, and design of thermoelectric modules (materials, thermo-mechanical properties, cost etc.), the electrical and thermal characterization of thermoelectric generators, design considerations of thermoelectric generators for vehicles, heat extraction and heat rejection, the TEG system output, and a review of relevant studies and results in terms of both experimental and numerical research. The modeling of thermoelectric generators is the focus of the subchapter "Modeling of thermoelectric generators", which commences with the challenge of identifying thermoelectric properties ("TEM properties identification model") and moves on to the development and validation of a simulation model ("TEG model for exhaust gas

waste heat recovery" - available in an open source journal) by using the Simulink software. The chapter "Parametric analysis of HX design influence on heat extraction/rejection for a heavy-duty vehicle," is dedicated to a numerical study to identify the parameters of heat exchangers for the waste heat energy recovery from the exhaust gas of a heavy-duty engine. It is based on the results and the issues identified in the first two parts.

The final section of the habilitation thesis, "Evolution and development plans for career development", is devoted to the candidate's accomplishments as well as the anticipated academic and research career directions (short and long term).

Rezumat

Teza de abilitare a candidatului Conf. Dr. Ing. Nicolae Vlad BURNETE reprezintă o sinteză a contribuțiilor academice, științifice și profesionale realizate în cadrul activităților desfășurate în Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca și urmărește evidențierea capacităților și performanțelor didactice și de cercetare.

Ulterior obținerii titlului de doctor în știință cu teza „Studii și cercetări privind influența injectiei de combustibil asupra emisiei de poluanți la motoare cu aprindere prin comprimare”, în cadrul căreia s-a urmărit impactul înlocuirii injectiei principale de motorină cu bioetanol (cu scopul de a reduce emisiile poluante de oxizi de azot), candidatul a continuat investigarea posibilităților de utilizare a biocombustibililor și impactul combustibililor în general asupra funcționării motoarelor cu ardere internă, dovadă fiind articolele publicate pe această direcție. Într-o etapă ulterioară, care coincide cu studiile postdoctorale (având proiectul cu titlul „Posibilități de creștere a eficienței globale a motoarelor cu ardere internă prin recuperarea energiei termice pierdute cu ajutorul generatoarelor termoelectrice”), activitatea de cercetare a candidatului a luat o nouă direcție, respectiv creșterea eficienței motorului cu ardere internă prin recuperarea energiei pierdute cu ajutorul generatoarelor termoelectrice. Această nouă direcție a implicat analiza exhaustivă a problematicii utilizării generatoarelor termoelectrice la motoarele cu ardere internă, respectiv modelarea și simularea acestora pentru identificarea și propunerea unor soluții cu impact benefic asupra eficienței.

Necesitatea și contextul obținerii abilitării în știință, în domeniul Ingineria Autovehiculelor, sunt analizate în capitolul „Context of habilitation”. Cel de-al doilea capitol, „Introduction”, urmărește evidențierea principalelor direcții de lucru din domeniul motoarelor cu ardere internă pornind de la reglementările din domeniu, oportunitățile de finanțare și tendințele din domeniul mobilității, respectiv necesitățile societății. Capitolul al treilea, „The use of thermoelectric generators for improved ICE efficiency”, tratează tema utilizării generatoarelor termoelectrice pentru recuperarea energiei pierdute a motoarelor cu ardere internă pornind de la analiza exhaustivă a literaturii de specialitate („Review and analysis of current trends in ICE waste heat recovery using TEGs”) care are ca scop evidențierea tuturor aspectelor relevante din acest domeniu, respectiv: principiile funcționale, eficiența și construcția modulelor termoelectrice (materiale, proprietăți termomecanice, costuri etc.), caracterizarea electrică și termică a generatoarelor termoelectrice, aspecte privind proiectarea generatoarelor termoelectrice pentru autovehicule, extracția și cedarea călduri, puterea sistemului TEG, respectiv o analiză a studiilor și rezultatelor relevante atât din punct de vedere al cercetărilor

experimentale, cât și a celor numerice. Subcapitolul „Modeling of thermoelectric generators” este dedicat modelării generatoarelor termoelectrice, pornind de la problematica identificării proprietăților termoelectrice („TEM properties identification model”) și continuând cu dezvoltarea și validarea unui model de simulare („TEG model for exhaust gas waste heat recovery” – disponibil într-un jurnal de tip „Open source”) în programul software Simulink. În baza rezultatelor obținute și a problemelor identificate în capitolele anterioare, subcapitolul „Parametric analysis of HX design influence on heat extraction/rejection for a heavy-duty vehicle” este dedicat unui studiu numeric de identificare a parametrilor schimbătoarelor de căldură pentru recuperarea energiei pierdute prin gazele de evacuare ale unui motor cu aprindere prin comprimare de autocamion.

Ultima parte a tezei de abilitare, „Evolution and development plans for career development”, este dedicată atât realizărilor anterioare cât și direcțiilor prezente și viitoare (pe termen scurt și lung) ale carierei universitare și de cercetare propuse de candidat.