

12. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 2025

Cifra proiectului 25.80013.7007.38ROMD

Denumirea Proiectului Îmbunătățirea performanțelor tehnice și energetice ale sistemelor de propulsie multifazice pentru autobuze electrice

Proiectul urmărește dezvoltarea unor soluții avansate de monitorizare, analiză termică și recuperare a energiei pentru motoarele de tracțiune utilizate în transportul electric. Etapa anului 2025 a avut ca scop principal reducerea consumului energetic al sistemului de încălzire prin valorificarea căldurii generate de motorul asincron multifazic, prin modelare termică, analiză electromagnetice și pregătirea soluțiilor de recuperare.

Activitățile planificate au vizat: colectarea parametrilor constructivi și electromagnetici ai motorului; definirea metodologiei de calcul al pierderilor; construirea geometriei motorului în COMSOL Multiphysics; stabilirea condițiilor la frontieră și rularea simulărilor FEM necesare validării; identificarea metodelor fezabile de recuperare a căldurii. Aceste activități au servit drept bază pentru dezvoltarea ulterioară a sistemului de recuperare termică integrat în electrobuz.

În cadrul etapei, echipa UTM a elaborat **modelul matematic complet al motorului asincron hexafazat**, utilizat pentru estimarea pierderilor, curenților și fluxurilor magnetice în regim nominal și defect. A fost realizat un **model termic**, care a permis simularea încălzirii înfășurărilor și identificarea zonelor critice. De asemenea, au fost efectuate **simulări electromagnetice și termice în COMSOL Multiphysics**, incluzând generarea distribuțiilor de flux magnetic, curent, pierderi volumetrice și temperaturi interne. Analiza termică a evidențiat că, în regim de defect cu două faze rupte, temperatura înfășurărilor atinge limita clasei F în aproximativ 5–6 minute, confirmând necesitatea unei gestionări avansate a regimurilor de avarie.

Rezultatele au fost validate prin **măsurători experimentale** utilizând termovizorul și senzori integrați în înfășurări, demonstrând o concordanță bună între simulări și valori reale. Concluziile obținute au permis fundamentarea etapelor ulterioare privind recuperarea energiei termice și integrarea acesteia în sistemul de climatizare al electrobuzului.

Diseminarea rezultatelor a inclus două articole științifice prezentate la Conferința Internațională SIELMEN 2025, precum și o lucrare conexă elaborată de partenerul TUIASI. Proiectul a beneficiat de o colaborare internațională intensă, concretizată prin stagiul de cercetare UTM–TUIASI (08.11–09.12.2025), schimburi de modele numerice, sesiuni tehnice de lucru și acces la infrastructură de cercetare avansată.

Impactul proiectului în 2025 se manifestă prin: dezvoltarea a trei modele numerice, consolidarea formării profesionale a membrilor echipei și creșterea eficienței energetice potențiale cu 2–3% a sistemelor de tracțiune analizate. La nivel național, colaborarea cu compania InformBusiness, a asigurat suport tehnic esențial pentru formularea cerințelor către motorul de tracțiune ca element a sistemului de acționare.

În concluzie, etapa 2025 a proiectului a generat rezultate solide în domeniul modelării termice și electromagnetice a motoarelor multifazate, a fundamentat soluțiile pentru recuperarea energiei termice și a consolidat baza tehnică, științifică și colaborativă necesară finalizării obiectivelor proiectului în etapele următoare.

The project aims to develop advanced solutions for monitoring, thermal analysis, and energy recovery in traction motors used in electric transportation. The 2025 stage focused primarily on reducing the energy consumption of the heating system by utilizing the heat generated by the multiphase induction motor, through thermal modeling, electromagnetic analysis, and the preparation of heat-recovery solutions.

The planned activities included: collecting the constructive and electromagnetic parameters of the motor; defining a methodology for calculating losses; building the motor geometry in COMSOL Multiphysics; establishing the boundary conditions and running the FEM simulations required for validation; and identifying feasible methods for heat recovery. These activities served as the foundation for the subsequent development of the thermal recovery system integrated into the electric bus.

During this stage, the UTM team developed the complete mathematical model of the six-phase induction motor, used to estimate losses, currents, and magnetic fluxes under both nominal and fault conditions. A thermal model was created, allowing the simulation of winding heating and the identification of critical hotspots. Electromagnetic and thermal simulations were carried out in COMSOL Multiphysics, including the generation of magnetic flux, current distribution, volumetric losses, and internal temperature profiles. The thermal analysis showed that, under a fault condition with two open phases, the winding temperature reaches the limit of insulation class F in approximately 5–6 minutes, confirming the necessity of advanced fault-management strategies.

The results were validated through experimental measurements using a thermal camera and embedded winding sensors, demonstrating strong agreement between simulations and real values. The conclusions obtained formed the basis for subsequent stages focused on thermal energy recovery and its integration into the electric bus climate-control system.

Dissemination activities included two scientific articles presented at the SIELMEN 2025 International Conference, as well as a related paper prepared by the TUIASI partner. The project benefited from intense international collaboration, highlighted by the UTM–TUIASI research stage (08.11–09.12.2025), numerical model exchanges, technical working sessions, and access to advanced research infrastructure.

The project's impact in 2025 is reflected in the development of three numerical models, the strengthening of the professional skills of the research team, and a potential 2–3% increase in the energy efficiency of the analyzed traction systems. At the national level, the collaboration with InformBusiness provided essential technical support for formulating the requirements for the traction motor as a component of the drive system.

In conclusion, the 2025 stage of the project generated solid results in the thermal and electromagnetic modeling of multiphase motors, established the foundations for thermal-energy recovery solutions, and strengthened the technical, scientific, and collaborative base required for achieving the project objectives in the following stages.

Conducătorul de proiect _____ / CAZAC Vadim

Data: 08.12.2025

LS

