

Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 2025

Cifra proiectului 25.80013.5007.54ROMD

Denumirea Proiectului „Cercetare și dezvoltare a unui design inovator de pompă centrifugală pentru aplicații spațiale”

Rezumat în limba română pentru anul 2025

Scopul central al acestei etape a constat în fundamentarea teoretică și validarea numerică a unui modelului baseline de pompă centrifugală, componentă critică pentru proiectare și optimizare a componentelor viitoarei pompe. Obiectivul specific al anului 2025 a vizat definirea parametrilor operaționali principali și stabilirea soluțiilor constructive preliminare, constituind baza necesară pentru obținerea ulterioară a unui demonstrator și validarea acestuia în condiții experimentale.

Totodată, a fost efectuată proiectarea unui modelul CAD preliminar pentru pompă baseline. Această fază a implicat un studiu aprofundat al constrângerilor geometrice specifice aplicațiilor spațiale, modelul concentrându-se prioritar pe blocul hidraulic intern în rotorul primei trepte, statorul de redresare și rotorul treptei secundare.

Etapă de discretizare a domeniului de calcul, a fost realizată prin intermediul platformei ANSYS TurboGrid. A fost aplicată o topologie structurată de tip hexaedric, recunoscută pentru eficiența sa în simularea curgerilor turbulente din turbomașini. Modelul final rezultat în urma studiilor de convergență a însumat aproximativ 1,8 milioane de elemente finite, cu o distribuție densă a nodurilor în zonele cu gradienti ridicați. O atenție particulară a fost acordată rezoluției stratului limită și repartizării parametrul y^+ efectuând un studiu de convergență a grilei.

Simulările numerice propriu-zise au fost executate utilizând solver-ul ANSYS CFX, configurat pentru un regim de curgere staționar, considerând apa ca fluid de lucru. Pentru închiderea sistemului de ecuații Navier-Stokes, s-a utilizat modelul de turbulență SST (Shear Stress Transport), ales pentru capacitatea sa de a prezice corect separarea curgerii sub gradienti de presiune adversi.

Rezultatele obținute în simulări vor constitui o bază de referință (baseline) pentru evaluarea performanțelor hidraulice a pompei finale. Analiza calitativă a câmpului de curgere, vizualizată prin liniile de curent în planul „blade-to-blade”, a validat designul preliminar, demonstrând o curgere atașată pe profilul palelor și absența zonelor majore de recirculare care ar putea induce pierderi hidraulice semnificative. S-a evidențiat o creștere progresivă a presiunii statice și totale de la admisie spre refulare, cu salturi energetice distincte în dreptul celor două rotoare.

Totodată trebuie de menționat că în urma vizitei echipei la Institutul COMOTI, echipa proiectului a obținut acces la infrastructură, inclusiv la Centrul HPC și esențial pentru etapele viitoare, accesul la standul de testare certificat de Agenția Spațială Europeană (ESA).

În concluzie, activitățile desfășurate în etapa 2025 au condus la îndeplinirea integrală a obiectivelor asumate. S-a reușit definirea și validarea numerică a unui model de referință robust, s-a stabilit metodologia de optimizare și s-au consolidat parteneriatele necesare pentru tranziția de la faza de modelare la cea de prototipare și testare experimentală. Rezultatele obținute constituie o bază solidă pentru aplicarea ulterioară a algoritmilor de inteligență artificială, deschizând perspectiva dezvoltării unei noi generații de pompe centrifuge de înaltă eficiență pentru industria spațială.

The main goal of this stage was to develop the theoretical basis and numerical validation of a baseline centrifugal pump model, a critical component for the design and optimization of the future pump components. The specific objective for 2025 was to define the main operational parameters and establish preliminary design solutions, providing the necessary basis for the subsequent development of a demonstrator and its validation under experimental conditions.

At the same time, a preliminary CAD model for the pump was designed. This phase involved an in-depth study of the geometric constraints specific to space applications, with the model focusing primarily on the internal hydraulic block in the first stage impeller, the rectifier stator, and the second stage impeller.

The discretization of the calculation domain was performed using the ANSYS TurboGrid platform. A structured hexahedral topology was applied, recognized for its efficiency in simulating turbulent flows in turbomachinery. The final model resulting from the convergence studies comprised approximately 1.8 million finite elements, with a dense distribution of nodes in areas with high gradients. Particular attention was paid to the resolution of the boundary layer and the distribution of the y^+ parameter by performing a grid convergence study.

The actual numerical simulations were performed using the ANSYS CFX solver, configured for a steady flow regime, considering water as the working fluid. To close the Navier-Stokes equation system, the SST (Shear Stress Transport) turbulence model was used, chosen for its ability to correctly predict flow separation under adverse pressure gradients.

The results obtained in the simulations will form the baseline for evaluating the hydraulic performance of the final pump. The qualitative analysis of the flow field, visualized by the streamlines in the "blade-to-blade" plane, validated the preliminary design, demonstrating attached flow on the blade profile and the absence of major recirculation areas that could induce significant hydraulic losses. A progressive increase in static and total pressure from the inlet to the outlet was observed, with distinct energy jumps at the two impellers.

It should also be noted that following the team's visit to the COMOTI Institute, the project team gained access to infrastructure, including the HPC Center and, crucially for future stages, access to the test stand certified by the European Space Agency (ESA).

In conclusion, the activities carried out in the 2025 stage led to the full achievement of the objectives set. A robust reference model was defined and numerically validated, the optimization methodology was established, and the partnerships necessary for the transition from the modeling phase to prototyping and experimental testing were consolidated. The results obtained provide a solid basis for the further application of artificial intelligence algorithms, opening up the prospect of developing a new generation of high-efficiency centrifugal pumps for the space industry.

Conducătorul de proiect  / Dr. Andrei Petco
Data: 25.07.2025
LS 