

## NanoPPU100

High Density Power Processing Unit for the upgraded Indium FEEP Nano Thruster

<b>Programm / Ausschreibung</b>	ASAP, ASAP, ASAP 14. Ausschreibung (2017)	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.07.2018	<b>Projektende</b>	31.08.2020
<b>Zeitraum</b>	2018 - 2020	<b>Projektaufzeit</b>	26 Monate
<b>Keywords</b>	Electric Propulsion, Ion Thruster, Power Electronics, Thermal Management, 3D Printing, Heat pipes		

### Projektbeschreibung

Seit fast einem Jahrzehnt entwickelt FOTEC mN-FEEP-Triebwerke (Field Effect Electric Propulsion), die in zukünftigen ESA-Missionen eingesetzt werden sollen. Diese Triebwerke zeichnen sich durch ihre Fähigkeit aus, sehr genaue Schübe von 1 µN bis zu mehr als 1 mN bei sehr hohen spezifischen Impulsen von etwa 5000 s zu liefern. FEEP-Triebwerke ermöglichen es Großsatelliten, ihre Position mit bisher unerreichter Genauigkeit zu steuern und so feine Präzisionsmanöver, wie den Formationsflug wissenschaftlicher Satelliten, zu ermöglichen. Der Kronenemitter, der die Kernkomponente eines FEEP-Triebwerks bildet, wurde von FOTEC für die zukünftige ESA NGGM-Mission entwickelt.

Da der Bedarf an Antriebssystemen für Mikro- und Nanosatelliten stetig steigt, wurde begonnen, mN-FEEP-Triebwerke dahingehend weiterzuentwickeln. Für kleine Satelliten kann die Missionsdauer durch kontinuierliche Kompensation der atmosphärischen Bremsung signifikant erhöht werden. Andererseits ermöglicht der hohe spezifische Impuls sehr hohe Delta-V-Manöver bei einer hohen Treibstoffeffizienz. Um das Triebwerk den Anforderungen der immer beliebter werdenden CubeSat-Missionen anzupassen, musste das Gehäuse neu gestaltet werden. Parallel dazu wurde eine Power Processing Unit (PPU) entwickelt und in das Thruster-Modul integriert. Das Ergebnis ist ein hochleistungsfähiges und kompaktes Triebwerkmodul, das den FEEP Emitter selbst, die PPU, den Treibstoff und die Ladungsneutralisatoren enthält und bei einer Masse von 800 g in einem 1-dm<sup>3</sup>-Volumen Platz findet.

In naher Zukunft soll das erfolgreiche IFM Nano-Triebwerksmodul nicht nur für Nano-Satelliten, sondern auch für größere Satelliten eingesetzt werden, was eine Erhöhung der Ionenleistung von derzeit 25 W auf 75 W erfordert. Die vorliegende PPU ist jedoch nicht in der Lage ausreichende Leistung für eine solche Anwendung liefern. Da trotz der höheren Ausgangsleistung ein kleiner Formfaktor (aktuell 90 x 94 mm x 19 mm) eingehalten werden muss, ist eine komplett Neugestaltung der PPU mit einem angepassten thermischen Konzept erforderlich. Eine weitere Herausforderung besteht darin, Verluste zu verringern die mit der Erwärmung des metallischen Treibstoffs verbunden sind, um die Menge der erforderlichen Heizleistung zu minimieren. Ein dritter Punkt ist die Ableitung unvermeidbarer Verlustwärme, was ein verbessertes Wärmemanagementsystem erfordert.

In diesem Projekt soll die IFM Nano Thruster PPU von Grund auf neu konzipiert werden, um elektronische Verluste von Anfang an zu minimieren. Für das Wärmemanagement müssen verschiedene Technologien—einschließlich Wärmeleitbänder, konventionelle und 3D-gedruckte Heat pipes—bewertet und die beste Lösung identifiziert werden. Auch thermische Verluste

innerhalb des Gehäuses müssen analysiert und durch Beschichtungen, thermische Abschirmung oder Isolierung minimiert werden. Ziel ist eine 100 W PPU, die In-FEEP-Module mit 75 W Ionenleistung antreiben kann, die in der nächsten Generation von mN-FEEP-Triebwerken bei mehreren zukünftigen ESA-Missionen eingesetzt werden sollen.

## Abstract

For almost a decade, FOTEC has been developing mN-FEEP (Field Effect Electric Propulsion) thrusters, poised to be used in future ESA missions. These thrusters are distinguished by their ability to provide highly accurate thrust levels ranging from 1  $\mu\text{N}$  to more than 1 mN at very high specific impulses of roughly 5000 s. FEEP thrusters allow large satellites to control their position with unprecedented accuracy, thereby enabling delicate precision-manoeuvres, such as formation flight of scientific satellites. In fact, the crown-emitter being at the heart of a FEEP thruster was originally developed by FOTEC to enable fixed formation flight for the future ESA NGGM mission.

As the need for propulsion systems for micro- and nanosatellites became an urgent matter, it has been realized that mN-FEEP thrusters could also be employed to significantly increase the mission range of such small satellites by continuous drag compensation. Alternatively, the high specific impulse allows for very high delta-v manoeuvres at a high propellant mass utilization efficiency. In order to adapt the thruster for the demands of increasingly popular Cu-beSat missions, the housing had to be redesigned. In parallel, a power processing unit (PPU) has been developed and integrated into the thruster module. The result is a highly performant and compact thruster module that includes the whole thruster subsystem including the PPU, propellant, and neutralizers in a 1 dm<sup>3</sup> package weighing around 800 g.

In the near future, the successful IFM Nano thruster module shall not only be used for nano satellites but also on larger spacecraft, necessitating an increase of the ion beam power from currently 25 W to 75 W. The present PPU, however, is not capable of delivering sufficient power for such an application. As, despite the higher power output, a small form factor (currently 90 x 94 mm x 19 mm) has to be maintained, a complete redesign of the PPU including an adapted thermal concept is required. Another angle is to reduce losses associated with the heating of the liquid indium propellant, so as to minimise the amount of required heater power. A third issue is the unavoidable heat being generated by the PPU components themselves, which has to be removed from the module efficiently, thereby necessitating an improved thermal management system.

During the proposed project, the IFM Nano Thruster PPU shall be redesigned from the ground up in order to minimize electronic losses. For the thermal management, several technologies—including thermal straps, conventional and 3D-printed heat pipes—shall be evaluated and the best solution shall be identified. In addition, thermal losses within the housing shall be analysed and minimized by coatings, thermal shielding or insulation. Eventually, the efforts shall result in a reliable and efficient 100 W PPU capable of driving In-FEEP modules with 75 W beam power, to be used in the next generation of mN-FEEP thrusters on several future ESA missions.

## Projektkoordinator

- FOTEC Forschungs- und Technologietransfer GmbH

## Projektpartner

- ENPULSION GmbH