

Delta-Development of Electric Micropropulsion Subsystem for Deep Space Scientific Missions

Micropropulsion-Systeme für kleine Satelliten, die einen hohen spezifischen Impuls liefern, ermöglichen die Realisierung von ehrgeizigen wissenschaftlichen Missionen, die ein hohes Delta-v in der Größenordnung von mehreren km/s erfordern. Elektrische Antriebssysteme, die auf Feldeffektemission basieren (FEEP) und Indium als Treibstoff verwenden, generieren eine Schubkraft im μN bis mN -Bereich mit einem spezifischen Impuls von bis zu 7000 s [1]. Modulare FEEP-Subsysteme durchlaufen derzeit Entwicklungs- und Qualifizierungsprozesse für verschiedene LEO- und MEO-Anwendungen. Die Leistungsdaten entsprechen auch den Erfordernissen einiger kleiner planetarer Missionskonzepte. Darüber hinaus ermöglicht das Funktionsprinzip der FEEP-Triebwerke sehr feine Anpassungen des abgegebenen Ionenstroms, was die Möglichkeit einer sehr genauen Schubsteuerung bietet. FEEPs sind daher auch für andere Wissenschaftsmissionen von Interesse, wie etwa die L3-Mission LISA der ESA [2] und die Erdbeobachtungsmision Next Generation Gravity Mission (NGGM), bei der eine genaue Steuerung der Triebwerke erforderlich ist [3].

Das Hauptziel dieser Aktivität ist die Durchführung von Delta-Entwicklungen der Komponenten des vorliegenden Indium-gespeisten FEEP-Antriebssystems, um kritische Funktionen und Leistungen in einer relevanten Umgebung zu überprüfen. Die Ergebnisse sollen zeigen, ob die Technologie in naher Zukunft für wissenschaftliche Missionen im Weltraum geeignet ist. Ziel ist es, ein Entwicklungsmodell (DM) zu entwerfen und zu testen, um den Technology Readiness Level (TRL) 5/6 auf Subsystemebene zu demonstrieren. Fig. 1 zeigt den IFM Nano Thruster, der bei der FOTEC in den letzten Jahren entwickelt wurde. Anfang 2018 wurde ein Kleinsatellit (CubeSat, 30x10x10 cm) mit dem Antriebssystem ausgestattet und erfolgreich im Weltraum getestet.



Fig. 1. Das integrierte Antriebssystem, der IFM Nano Thruster von FOTEC

Das Projekt mit einer Gesamtlaufzeit von 24 Monaten und einem Volumen von 2 Mio. EUR ist gegliedert in drei Phasen. In Phase I sollen die Anforderungen für aufkommende Wissenschaftsmissionen geprüft und mit dem aktuellen Technologiestand verglichen werden. Die beinhaltet auch verschiedene Triebwerkskonfigurationen und mögliche Kombinationen entwickelter Technologien. Es sollen konkrete Vorschläge zur direkten Verbesserung bestehender Technologien erarbeitet werden, sowie Design Trade-Offs berücksichtigt werden. Es wird auch auf die teils verschiedenen Anforderungen von LISA und NGGM Rücksicht genommen. Ziel von Phase I ist ein konkreter Entwicklungsplan für Phase II.

In Phase II soll ein Entwicklungsmodell (DM) geplant und konstruiert werden. Hierbei ist es notwendig Fehleranalysen (FMEA / FMECA) zu erstellen, sowie die genauen Produktionsschritte festzulegen. Auf Qualitätssicherung wird ein großes Augenmerk gelegt, um eine hohe und gleichbleibende Qualität zu gewährleisten. Um die Funktionalität des DM zu verifizieren, ist es notwendig, die Diagnoseanlagen bei der FOTEC zu verbessern bzw. zu erweitern: Anlage zur Bestimmung der Masseneffizienz von Ionenemittern, Plasma-Diagnose-System zur Vermessung des Schubvektors, Schubmesswaage zur Messung der Schubkraft, Anlage zur Vorhersage der späteren Ionenemitter Performance.

In Phase III wird das Entwicklungsmodell (DM) gefertigt, sowie der notwendige Umbau der Diagnose-Anlagen durchgeführt. Ebenso sollen Testprozeduren für das Testen der Subsysteme bzw. Komponenten des DM erstellt werden. Nach Abnahme der Prozeduren, sollen die Tests ausgeführt und die Ergebnisse dokumentiert werden. Nach erfolgreichen Subsystemtests ist ein Dauertest des DM für zumindest 2000 Stunden geplant.

Quellen:

[1] Seifert, B., Buldrini, N., Hörbe, T., Plesescu, F., Reissner, A., Krejci, D., Friedhoff, P., Lai, S., "In-Orbit Demonstration of the Indium-FEEP IFM Nano Thruster", 6th Space Propulsion Conference, Seville, Spain, 14-18 May 2018.

[2] LISA CDF Study Report, CDF-172(A)

[3] CDF Study Reports: Small Planetary Platforms (SPP) in NEO and MAB