

Polski silnik Halla Kryptonowy silnik plazmowy dla sond kosmicznych

Elektryczne napędy plazmowe typu Halla to przyszłość astronautyki. Już dziś stanowią poważną konkurencję dla klasycznych silników raketowych, zwłaszcza jako napędy manewrowe do zmian orientacji satelitów i ich orbit oraz jako marszowe w sondach dalekiego zasięgu. Silniki te mają jednak istotną wadę: gazem roboczym jest w nich trudno dostępny i drogi ksenon. Korzystając z doświadczeń z akceleratorami ciągłych strumieni plazmy, zespół naukowców i inżynierów z Instytutu Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie zbudował silnik typu Halla zoptymalizowany do pracy ze znacznie tańszym gazem szlachetnym: kryptonem.



Rakietowe silniki chemiczne są niezastąpione przy wynoszeniu ładunków w kosmos. Mają wielką siłę ciągu, lecz wykorzystują wyjątknie energię zgromadzoną w paliwie i działają zaledwie kilkadziesiąt sekund. W przestrzeni kosmicznej, gdzie opory ruchu są zaniebdywalnie małe, użyteczne stają się inne silniki, o znacznie mniejszym ciągu, za to działające dłużej – miesiącami lub nawet latami. Do urządzeń tego typu należą napędy plazmowe, w których gazem roboczym zazwyczaj jest ksenon. W Instytucie Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy (IFPiLM) w Warszawie powstał napęd plazmowy typu Halla zaprojektowany do pracy z kryptonem, gazem szlachetnym nawet dziesięciokrotnie tańszym od ksenonu.

Silniki plazmowe typu Halla to jedna z odmian elektrycznych napędów kosmicznych. Stosowane od lat 70 ubiegłego wieku w bezzałogowych lotach kosmicznych, umożliwiają prowadzenie precyzyjnych manewrów i korekt orbit satelitów. Ostatnio coraz częściej montuje się je jako napędy marszowe w sondach kosmicznych dalekiego zasięgu. Do przekształcenia gazu roboczego w plazmę i wytworzenia siły ciągu, silniki typu Halla wykorzystują zewnętrzne źródło zasilania, np. baterie słoneczne. Cząsteczki plazmy (jony i elektrony) są obdarzone ładunkiem elektrycznym, mogą więc być przyspieszane w polu elektrostatycznym do dużych prędkości, sięgających w silnikach Halla od 15 do 30 km/s i więcej (prędkość gazów odrzutowych w silnikach chemicznych nie przekracza 4 km/s). Silnik plazmowy wytwarza słaby ciąg (od kilku do 1000 miliniutonów, w zależności od mocy), ale może działać długo i zmienić prędkość sondy nawet o kilka kilometrów na sekundę.

„Generatory strumieni plazmy są jednym z kierunków badawczych od lat rozwijanych w Instytucie Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy. Korzystając ze zgromadzonych doświadczeń, w maju 2008 roku nasz zespół przystąpił do budowy silnika plazmowego typu Halla z kryptonem jako gazem roboczym”, mówi odpowiedzialny za projekt dr Jacek Kurzyński z IFPiLM.

Obecnie gazem roboczym używanym w silnikach plazmowych typu Halla jest ksenon, pierwiastek drogi i trudno dostępny. Pozykanie kryptonu, innego gazu szlachetnego, jest nawet do dziesięciu razy tańsze. Co prawda wytwarzanie jonów kryptonu wymaga nieco większych energii niż w przypadku ksenonu, są one jednak lżejsze od ksenonowych i można je przyspieszać do tej samej prędkości za pomocą niższego napięcia. „Nasz silnik był od początku rozwijany i optymalizowany do pracy z kryptonem. Musieliśmy odpowiednio zaprojektować konfigurację pola magnetycznego i odpowiadający jej obwód magnetyczny. Część elementów trzeba było wykonać w taki sposób, aby wytrzymały zwiększone obciążenia cieplne”, wyjaśnia doktorant Dariusz Daniłko z IFPiLM.

Nowy silnik jest napędem średniej wielkości, przeznaczonym do pracy ciągłej. Ważące niecałe pięć kilogramów urządzenie ma moc ok. pół kilowata. „Sonda SMART-1, którą Europejska Agencja Kosmiczna (ESA) wysłała ku Księżycowi, dysponowała silnikiem ksenonowym o mocy poniżej 2 kW. Przyspieszył on sondę o 3,6 km/s. Zatem w małych próbnikach kosmicznych również nasz napęd mógłby pełnić rolę silnika marszowego”, mówi dr Serge Barral z IFPiLM.

Zbudowany egzemplarz silnika typu Halla to prototypowe urządzenie, obecnie przygotowywane do testów w warunkach próżniowych. „Jeśli testy wy-

padną pomyślnie, czeka nas jeszcze optymalizacja silnika i cała seria badań kwalifikacyjnych. Zgłoszenie projektu do ESA w ramach II konkursu PECS, czyli Porozumienia o Europejskim Państwie Współpracującym, zawartego między Polską a ESA, zaowocowało pozytywną oceną. W przypadku realizacji projektu pozwoli to rozpocząć procedurę kwalifikacyjną”, wyjaśnia dr Kurzyński.

Wyniki badań nad kryptonowym silnikiem plazmowym znajdują zastosowanie także poza astronautyką. Akceleratorzy ciągłych strumieni plazmy są bowiem chętnie wykorzystywane w wielu procesach technologicznych, [m.in.](#) do czyszczenia powierzchni materiałów, jej uszlachetniania oraz nakładania cienkich warstw, np. węglowych o wytrzymałości diamentu. Zespół naukowców z IFPiLM opracował [m.in.](#) koncepcję nakładania cienkich warstw tlenkowych do zastosowań w ogniwach fotowoltaicznych.

Istniejący od 1976 roku Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy (IFPiLM) w Warszawie prowadzi badania podstawowe i prace aplikacyjne w zakresie fizyki jądrowej, fizyki plazmy wytwarzanej laserami impulsowymi i w układach z magnetycznym utrzymaniem plazmy, a także impulsowych technologii wielkiej mocy. Większość prac badawczych i technologicznych jest realizowana w ramach współpracy międzynarodowej objętej projektami i programami europejskimi, w tym fuzyjnymi programami Wspólnoty Euratom i konsorcjum HiPER. IFPiLM koordynuje prace trzynastu polskich ośrodków w zakresie fizyki jądrowej w ramach programu Asocjacji Euratom-IFPiLM. Projekt i budowa elektrycznego silnika plazmowego typu Halla zostały w całości sfinansowane przez Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy.

(MB) ●